RCJ05B0027-0100

Everywhere you imagine. RENESAS

CAN 入门书









Rev.1.00
发行：2006 年 2 月 20 日

瑞萨科技
www.renesas.com

CAN 入门书

1. 概要

本资料是面向 CAN 总线初学者的 CAN 入门书。对 CAN 是什么、CAN 的特征、标准规格下的位置分布等、CAN 的概要及 CAN 的协议进行了说明。

2. 使用注意事项

本资料对博世（BOSCH）公司所提出的 CAN 概要及协议进行了归纳，可作为实际应用中的参考资料。对于具有 CAN 功能的产品不承担任何责任。

目录

3. CAN 是什么？

CAN 是 Controller Area Network 的缩写（以下称为 CAN），是 ISO[*1] 国际标准化的串行通信协议。

在当前的汽车产业中，出于对安全性、舒适性、方便性、低公害、低成本的要求，各种各样的电子控制系统被开发了出来。由于这些系统之间通信所用的数据类型及对可靠性的要求不尽相同，由多条总线构成的情况很多，线束的数量也随之增加。为适应“减少线束的数量”、“通过多个 LAN，进行大量数据的高速通信”的需要，1986 年德国电气商博世公司开发出面向汽车的 CAN 通信协议。此后，CAN 通过 ISO11898 及 ISO11519 进行了标准化，现在在欧洲已是汽车网络的标准协议。

现在，CAN 的高性能和可靠性已被认同，并被广泛地应用于工业自动化、船舶、医疗设备、工业设备等方面。

图 1 是车载网络的构想示意图。CAN 等通信协议的开发，使多种 LAN 通过网关进行数据交换得以实现。

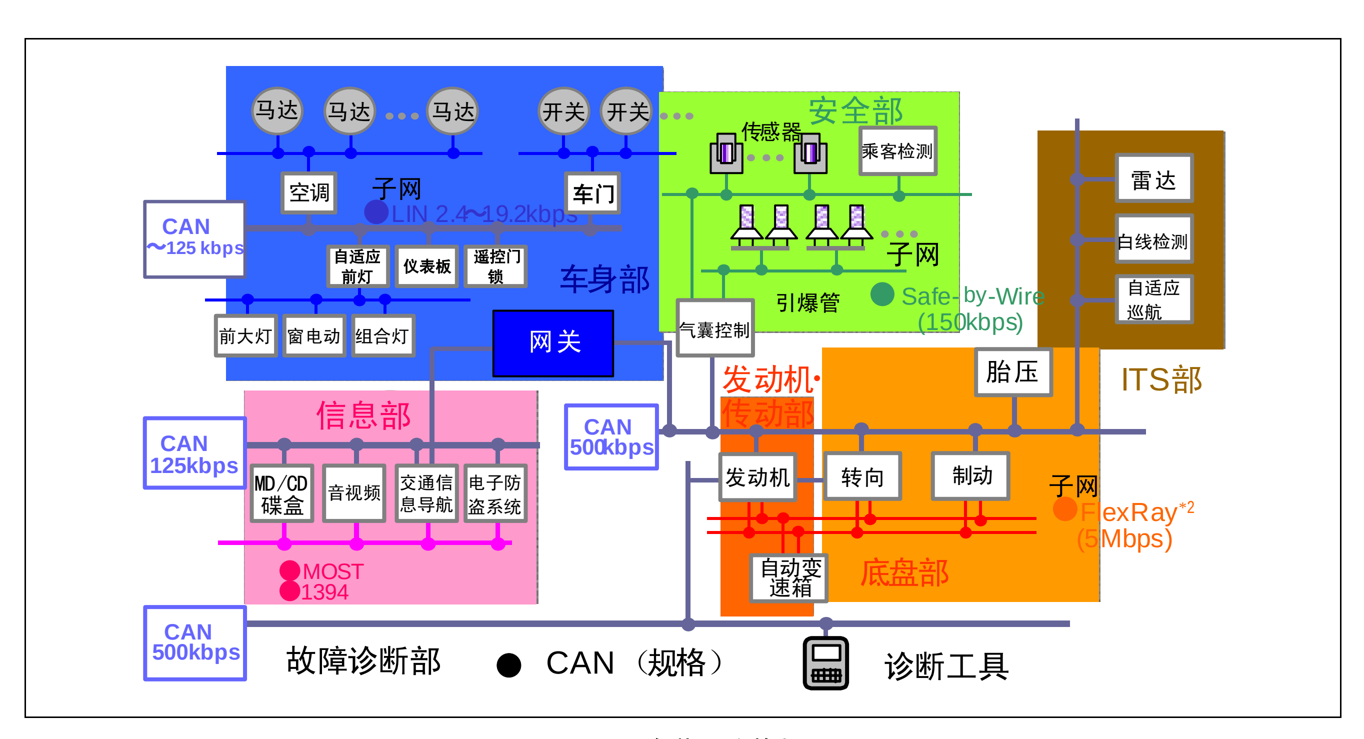


图 1. 车载网络构想

【注】 *1 ISO: International Organization for Standardization (国际标准化组织)
*2 FlexRay™ 为戴姆勒克莱斯勒公司注册商标。

3.1 CAN 的应用示例

图 2 为 CAN 的应用示例

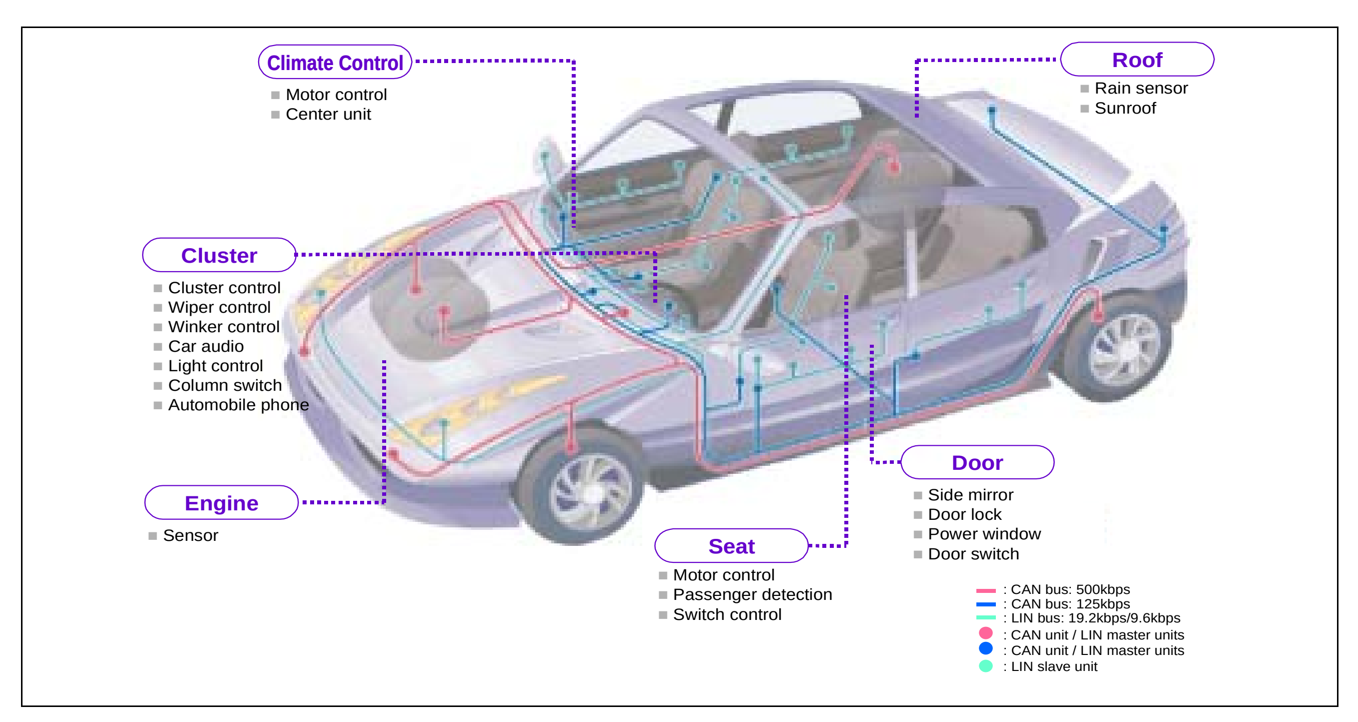


图 2. CAN 的应用示例

3.2 总线拓扑图

CAN 控制器根据两根线上的电位差来判断总线电平。总线电平分为显性电平和隐性电平，二者必居其一。发送方通过使总线电平发生变化，将消息发送给接收方。

图 3 是 CAN 的连接示意图

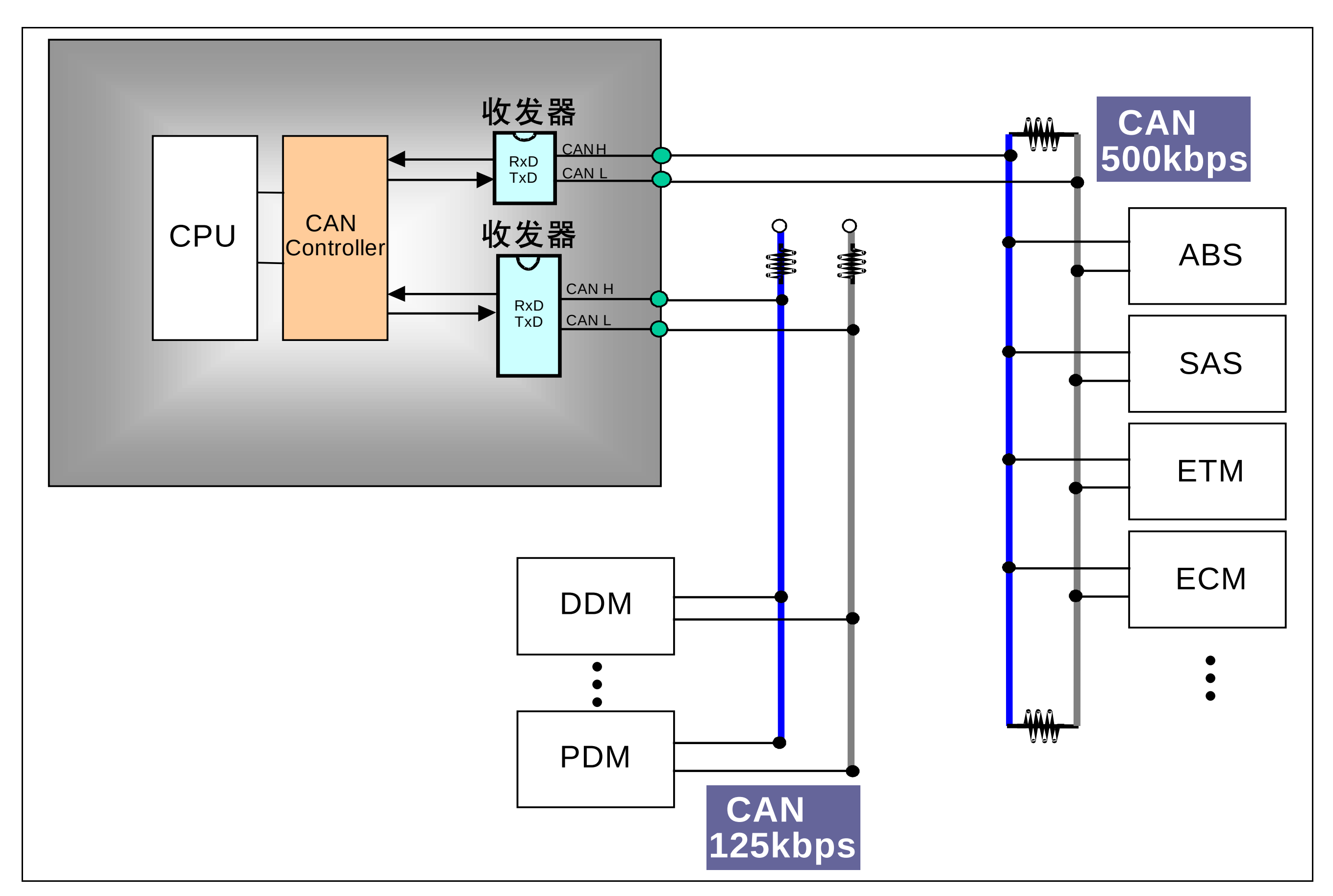


图 3. CAN 连接图

4. CAN 的特点

CAN 协议具有以下特点。

(1) 多主控制

在总线空闲时，所有的单元都可开始发送消息（多主控制）。

最先访问总线的单元可获得发送权（CSMA/CA 方式*1）。

多个单元同时开始发送时，发送高优先级 ID 消息的单元可获得发送权。

(2) 消息的发送

在 CAN 协议中，所有的消息都以固定的格式发送。总线空闲时，所有与总线相连的单元都可以开始发送新消息。两个以上的单元同时开始发送消息时，根据标识符（Identifier 以下称为 ID）决定优先级。ID 并不是表示发送的目的地址，而是表示访问总线的消息的优先级。两个以上的单元同时开始发送消息时，对各消息 ID 的每个位进行逐个仲裁比较。仲裁获胜（被判定为优先级最高）的单元可继续发送消息，仲裁失利的单元则立刻停止发送而进行接收工作。

(3) 系统的柔软性

与总线相连的单元没有类似于“地址”的信息。因此在总线上增加单元时，连接在总线上的其它单元的软硬件及应用层都不需要改变。

(4) 通信速度

根据整个网络的规模，可设定适合的通信速度。

在同一网络中，所有单元必须设定成统一的通信速度。即使有一个单元的通信速度与其它的不一样，此单元也会输出错误信号，妨碍整个网络的通信。不同网络间则可以有不同的通信速度。

(5) 远程数据请求

可通过发送“遥控帧” 请求其他单元发送数据。

(6) 错误检测功能・错误通知功能・错误恢复功能

所有的单元都可以检测错误（错误检测功能）。

检测出错误的单元会立即同时通知其他所有单元（错误通知功能）。

正在发送消息的单元一旦检测出错误，会强制结束当前的发送。强制结束发送的单元会不断反复地重新发送此消息直到成功发送为止（错误恢复功能）。

(7) 故障封闭

CAN 可以判断出错误的类型是总线上暂时的数据错误（如外部噪声等）还是持续的数据错误（如单元内部故障、驱动器故障、断线等）。由此功能，当总线上发生持续数据错误时，可将引起此故障的单元从总线上隔离出去。

(8) 连接

CAN 总线是可同时连接多个单元的总线。可连接的单元总数理论上是没有限制的。但实际上可连接的单元数受总线上的时间延迟及电气负载的限制。降低通信速度，可连接的单元数增加；提高通信速度，则可连接的单元数减少。

【注】 *1 CSMA/CA: Carrier Sense Multiple Access / Collision Avoidance

5. 错误

5.1 错误状态的种类

单元始终处于 3 种状态之一。

(1) 主动错误状态

主动错误状态是可以正常参加总线通信的状态。

处于主动错误状态的单元检测出错误时，输出主动错误标志。

(2) 被动错误状态

被动错误状态是易引起错误的状态。

处于被动错误状态的单元虽能参加总线通信，但为不妨碍其它单元通信，接收时不能积极地发送错误通知。

处于被动错误状态的单元即使检测出错误，而其它处于主动错误状态的单元如果没发现错误，整个总线也被认为是没有错误的。

处于被动错误状态的单元检测出错误时，输出被动错误标志。

另外，处于被动错误状态的单元在发送结束后不能马上再次开始发送。在开始下次发送前，在间隔帧期间内必须插入 “延迟传送”(8 个位的隐性位)。

(3) 总线关闭态

总线关闭态是不能参加总线上通信的状态。

信息的接收和发送均被禁止。

这些状态依靠发送错误计数和接收错误计数来管理，根据计数值决定进入何种状态。错误状态和计数值的关系如表 1 及图 4 所示。

表 1. 错误状态和计数值

单元错误状态	发送错误计数值（TEC）		接收错误计数值（REC）
主动错误状态	0～127	且	0～127
被动错误状态	128～255	或	128～255
总线关闭态	256～		—

初始状态

主动错误状态

TEC>127
或
REC>127

TEC≤127
且
REC≤127

在总线上检测到128次连
续的11个位的隐性位

被动错误状态

总线关闭态

TEC>255

TEC : 发送错误计数值
REC : 接收错误计数值

图 4. 单元的错误状态

5.2 错误计数值

发送错误计数值和接收错误计数值根据一定的条件发生变化。

错误计数值的变动条件如表 2 所示。

一次数据的接收和发送可能同时满足多个条件。

错误计数器在错误标志的第一个位出现的时间点上开始计数。

表 2. 错误计数值的变动条件

	接受和发送错误计数值的变动条件	发送错误计数值 (TEC)	接收错误计数值 (REC)
1	接收单元检测出错误时。 例外：接收单元在发送错误标志或过载标志中检测出“位错误”时，接收错误计数值不增加。	—	+1
2	接收单元在发送完错误标志后检测到的第一个位为显性电平时。	—	+8
3	发送单元在输出错误标志时。	+8	—
4	发送单元在发送主动错误标志或过载标志时，检测出位错误。	+8	—
5	接收单元在发送主动错误标志或过载标志时，检测出位错误。	—	+8
6	各单元从主动错误标志、过载标志的最开始检测出连续 14 个位的显性位时。 之后，每检测出连续的 8 个位的显性位时。	发送时 +8	接收时 +8
7	检测出在被动错误标志后追加的连续 8 个位的显性位时。	发送时 +8	接收时 +8
8	发送单元正常发送数据结束时（返回 ACK 且到帧结束也未检测出错误时）。	–1 TEC=0 时±0	—
9	接收单元正常接收数据结束时（到 CRC 未检测出错误且正常返回 ACK 时）。	—	1≤REC≤127 时-1 REC=0 时±0 REC>127 时 设 REC=127
10	处于总线关闭态的单元，检测到 128 次连续 11 个位的隐性位。	TEC=0	REC=0

6. CAN 协议的基本概念

CAN 协议如表 3 所示涵盖了 ISO 规定的 OSI[*1] 基本参照模型中的传输层、数据链路层及物理层。

CAN 协议中关于 ISO/OSI 基本参照模型中的传输层、数据链路层及物理层，具体有哪些定义如图 5 所示。

表 3. ISO/OSI 基本参照模型

ISO/OSI 基本参照模型		各层定义的主要项目
软件控制	**7 层：应用层**	由实际应用程序提供可利用的服务。
	6 层：表示层	进行数据表现形式的转换。 如：文字设定、数据压缩、加密等的控制
	5 层：会话层	为建立会话式的通信，控制数据正确地接收和发送。
	4 层：传输层	控制数据传输的顺序、传送错误的恢复等，保证通信的品质。 如：错误修正、再传输控制。
	3 层：网络层	进行数据传送的路由选择或中继。 如：单元间的数据交换、地址管理。
硬件控制	**2 层：数据链路层**	将物理层收到的信号（位序列）组成有意义的数据，提供传输错误控制等数据传输控制流程。 如：访问的方法、数据的形式。 通信方式、连接控制方式、同步方式、检错方式。 应答方式、通信方式、包（帧）的构成。 位的调制方式（包括位时序条件）。
	1 层：物理层	规定了通信时使用的电缆、连接器等的媒体、电气信号规格等，以实现设备间的信号传送。 如：信号电平、收发器、电缆、连接器等的形态。

【注】 *1 OSI：Open Systems Interconnection （开放式系统间互联）

OSI基本参照模型

- 7.应用层
- 6.表示层
- 5.会话层
- 4.传输层
- 3.网络层
- 2.数据链路层：LLC*1、MAC*2
- 1.物理层

在各层中CAN定义事项

层	定义事项	功能
4层	再发送控制	永久再尝试
2层 (LLC)	接收消息的选择（可接收消息的过滤）	可点到点连接、广播、组播。
	过载通知	通知接收准备尚未完成
	错误恢复功能	再次发送
2层 (MAC)	消息的帧化	有数据帧、遥控帧、错误帧、过载帧4种帧类型。
	连接控制方式	竞争方式（支持多点传送）
	数据冲突时的仲裁	根据仲裁，优先级高的ID可继续被发送
	故障扩散抑制功能	自动判别暂时错误和持续错误，排除故障节点。
	错误通知	CRC错误、填充位错误、位错误、ACK错误、格式错误。
	错误检测	所有单元都可随时检测错误
	应答方式	ACK、NACK两种
	通信方式	半双工通信
1层	位编码方式	NRZ方式编码，6个位的插入填充位。
	位时序	位时序、位的采样数（用户选择）
	同步方式	根据同步段(SS)实现同步（并具有再同步功能）

图 5.　ISO/OSI 基本参照模型和 CAN 协议

【注】　*1　LLC : Logical Link Control　（逻辑链路控制)

*2　MAC : Medium Access Control　（媒介访问控制）

数据链路层分为 MAC 子层和 LLC 子层，MAC 子层是 CAN 协议的核心部分。数据链路层的功能是将物理层收到的信号组织成有意义的消息，并提供传送错误控制等传输控制的流程。具体地说，就是消息的帧化、仲裁、应答、错误的检测或报告。数据链路层的功能通常在 CAN 控制器的硬件中执行。

在物理层定义了信号实际的发送方式、位时序、位的编码方式及同步的步骤。但具体地说，信号电平、通信速度、采样点、驱动器和总线的电气特性、连接器的形态等均未定义[*1]。这些必须由用户根据系统需求自行确定。

【注】　*1　驱动器及总线的电气特性等在博世公司的 CAN 规格书中没有定义。但在 CAN 的 ISO 标准（ISO11898、ISO11519-2 等）中分别定义了总线及驱动器的电气特性等。

7. CAN 协议及标准规格

7.1 ISO 标准化的 CAN 协议

CAN 协议经 ISO 标准化后有 ISO11898 标准和 ISO11519-2 标准两种。ISO11898 和 ISO11519-2 标准对于数据链路层的定义相同，但物理层不同。

(1) 关于 ISO11898

ISO11898 是通信速度为 125kbps-1Mbps 的 CAN 高速通信标准。

目前，ISO11898 追加新规约后，成为 ISO11898-1 新标准。

(2) 关于 ISO11519

ISO11519 是通信速度为 125kbps 以下的 CAN 低速通信标准。

ISO11519-2 是 ISO11519-1 追加新规约后的版本。

图 6 表示 CAN 协议和 ISO11898 及 ISO11519-2 标准的范围。

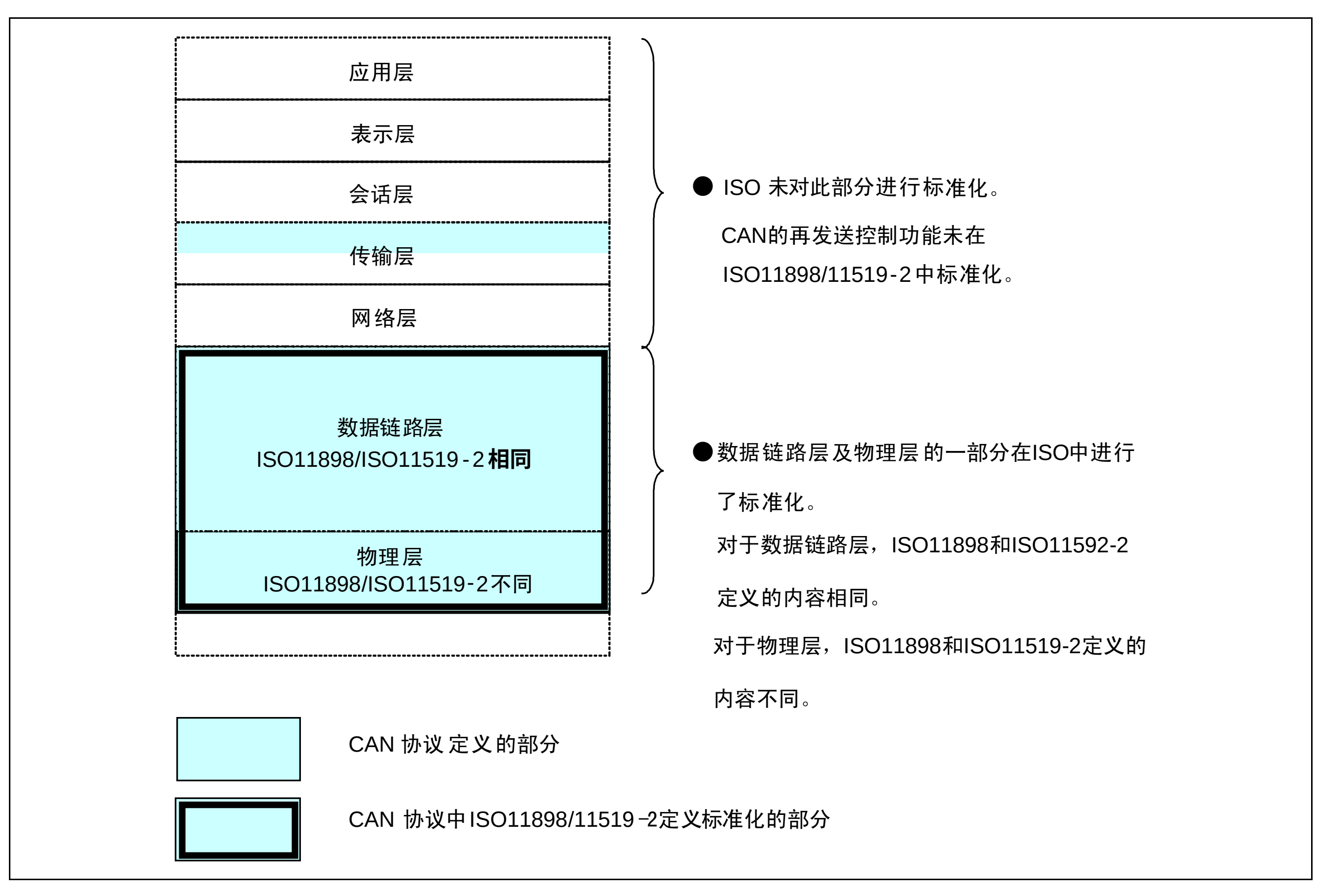


图 6. ISO 标准化的 CAN 协议

7.2 ISO11898 和 ISO11519-2 的不同点

(1) 物理层的不同点

如图 6 所示，ISO11898 和 ISO11519-2 在 CAN 协议中物理层的标准有所不同。CAN 协议的物理层如图 7 所示，定义了三个子层，ISO11898 和 ISO11519-2 在物理层中的 PMA 层和 MDI 层有所不同。

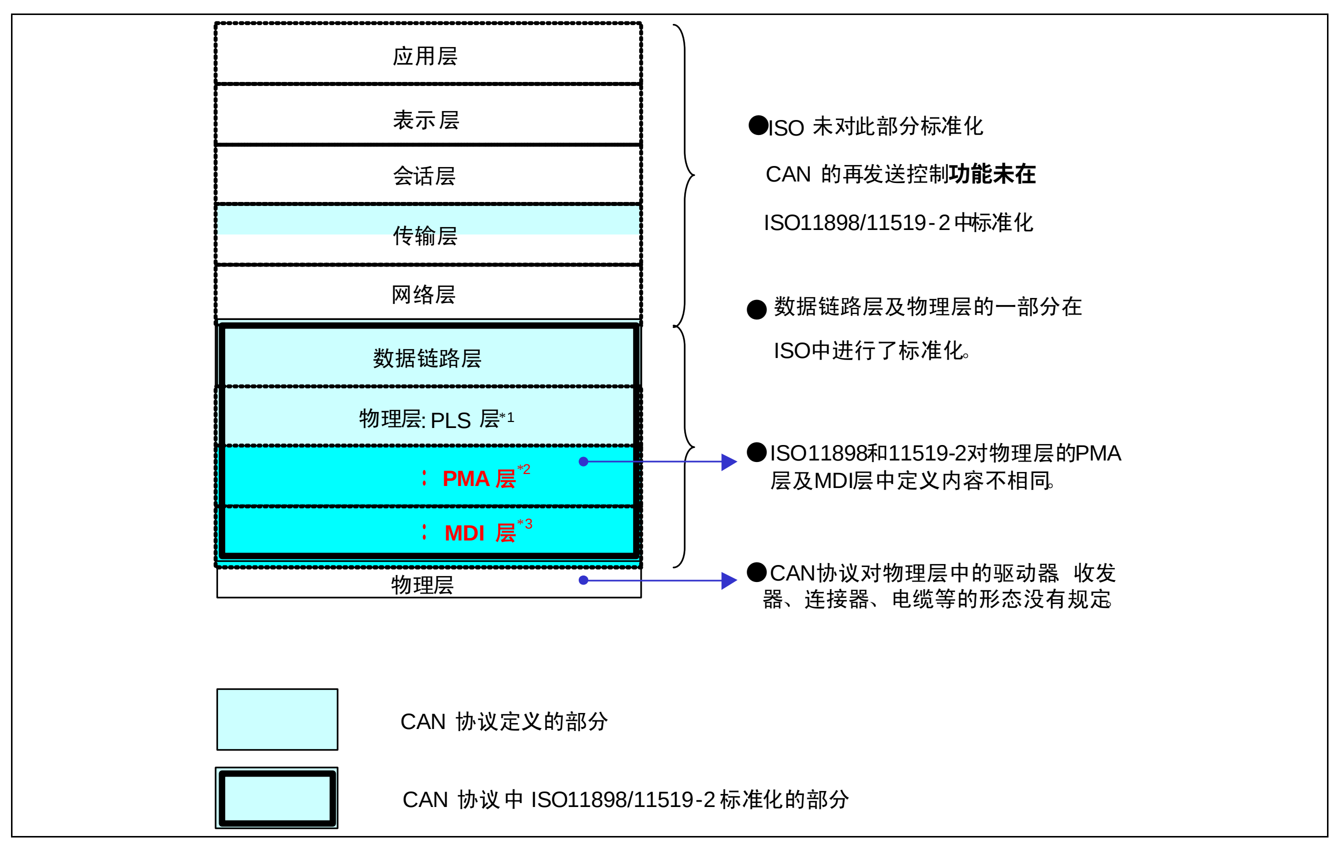


图 7. 物理层

【注】 *1 PLS: Physical Signaling Sublayer （物理信号子层）
*2 PMA: Physical Medium Attachment （物理介质连接）
*3 MDI: Medium Dependent Interface （介质相关接口）

在物理层（PMA 层、MDI 层），ISO11898 和 ISO11519-2 的主要不同点如表 4 所示

表 4. ISO11898 和 11519-2 物理层的主要不同点

物理层	ISO 11898(High speed)						ISO 11519-2(Low speed)					
通信速度*1	最高 1Mbps						最高 125kbps					
总线最大长度*2	40m/1Mbps						1km/40kbps					
连接单元数	最大 30						最大 20					
总线拓扑*3	隐性			显性			隐性			显性		
	Min	Nom	Max.	Min.	Nom	Max.	Min	Nom.	Max.	Min.	Nom.	Max.
CAN_High (V)	2.00	2.50	3.00	2.75	3.50	4.50	1.60	1.75	1.90	3.85	4.00	5.00
CAN_Low (V)	2.00	2.50	3.00	0.50	1.50	2.25	3.10	3.25	3.40	0.00	1.00	1.15
电位差 (H-L)(V)	-0.5	0	0.05	1.5	2.0	3.0	-0.3	-1.5	-	0.3	3.00	-
	双绞线 （屏蔽/非屏蔽） 闭环总线 阻抗(Z)：120Ω (Min.85Ω Max.130Ω) 总线电阻率(r)：70mΩ/m 总线延迟时间：5ns/m 终端电阻：120Ω (Min.85Ω Max.130Ω)						双绞线 （屏蔽/非屏蔽） 开环总线 阻抗(Z)：120Ω (Min.85Ω Max.130Ω) 总线电阻率(Γ)：90mΩ/m 总线延迟时间：5ns/m 终端电阻：2.20kΩ (Min.2.09kΩ Max.2.31kΩ) CAN_L 与 GND 间静电容量 30pF/m CAN_H 与 GND 间静电容量 30pF/m CAN_L 与 GND 间静电容量 30pF/m					

【注】 *1 通信速度

通信速度根据系统设定。

*2 总线长度

总线的长度根据系统设定。

通信速度和最大总线长度的关系如图 8 所示。



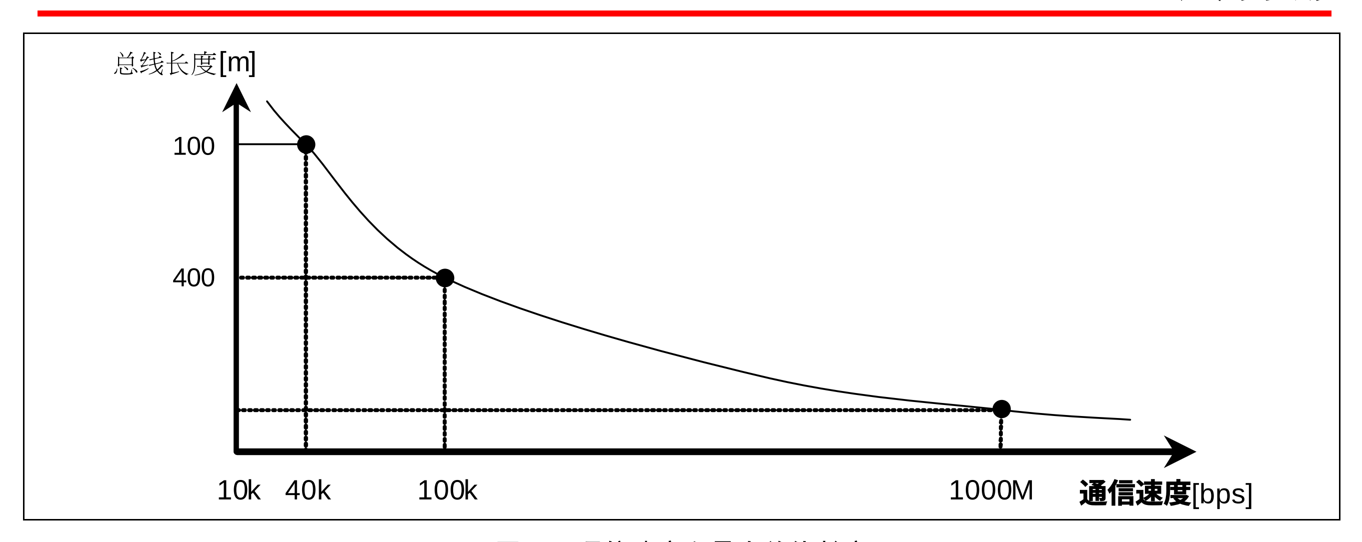


图 8.　通信速度和最大总线长度

*3 总线拓扑

CAN 收发器根据两根总线（CAN_High 和 CAN_Low）的电位差来判断总线电平。

总线电平分为显性电平和隐性电平两种。总线必须处于两种电平之一。总线上执行逻辑上的线“与”时，显性电平为“0”，隐性电平为“1”。物理层的特征如图 9 所示。

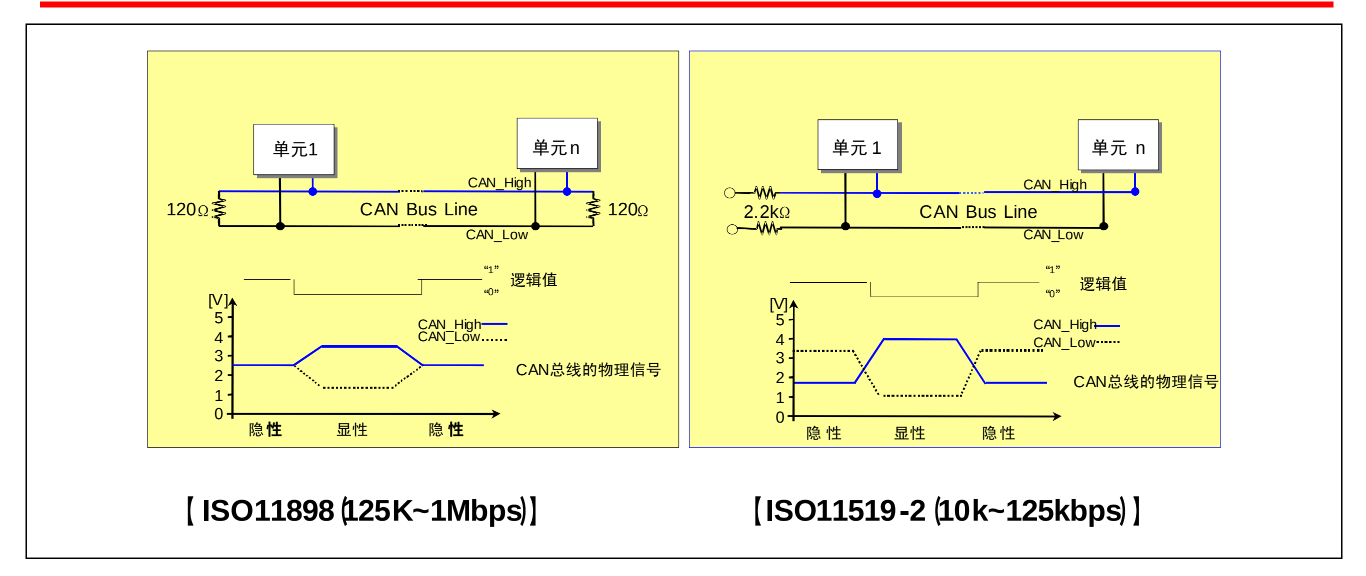


图 9.　ISO11898、ISO11519-2 的物理层特征

(2)　驱动 IC 的选择

ISO11898 与 ISO11519-2 的物理层的规格不同，每种规格需要有专门的驱动 IC 与之相对应。ISO11898 及 ISO11519-2 所对应的主要的驱动 IC 如表 5 所示。

表 5.　ISO11898 及 ISO11519-2 所对应的驱动 IC

驱动 IC	ISO11898	ISO11519-2
	HA13721RPJE(RENESAS) PCA82C250(Philips) Si9200(Siliconix) CF15(Bosch)	PCA82C252(Philips) TJA1053(Philips) SN65LBC032(Texas Instruments)

7.3　CAN 和标准规格

不仅是 ISO，SAE*1 等其它的组织、团体、企业也对 CAN 协议进行了标准化。

基于 CAN 的各种标准规格如表 6 所示，如图 10 所示，面向汽车的通信协议以通信速度为准进行了分类。

表 6.　CAN 协议和标准规格

名称	波特率	规格	适用领域
SAE J1939-11	250k	双线式、屏蔽双绞线	卡车、大客车
SAE J1939-12	250k	双线式、屏蔽双绞线、12V 供电	农用机械
SAE J2284	500k	双线式、双绞线（非屏蔽）	汽车 （高速：动力、传动系统）
SAE J24111	33.3k、83.3k	单线式	汽车 （低速：车身系统）
NMEA-2000	62.5k、125k、250k、500k、1M	双线式、屏蔽双绞线 供电	船舶
DeviceNet	125k、250k、500k	双线式、屏蔽双绞线 24V 供电	工业设备
CANopen	10k、20k、50k、125k、250k、500k、800k、1M	双线式、双绞线 可选（屏蔽、供电）	工业设备
SDS	125k、250k、500k、1M	双线式、屏蔽双绞线 可选（供电）	工业设备

	Class*2	通信速度	用途	协议
电通信 ↑	Class A	～10kbps （车身系统）	灯光类、电动窗、门锁、电动椅、遥控门锁等	低速CAN (～125kbps) • 各汽车厂商自有协议 • LIN
↕	Class B	10kbps～125kbps （ 状态信息系统）	电子仪表、驾驶信息、自动空调、故障诊断	高速CAN (125kbps～1Mbps) • J1850 • VAN
↓	Class C	125kbps～1Mbps （实时控制系统）	发动机控制、变速器控制、刹车控制、悬挂控制、ABS等	• Safe-by-Wire
光通信	Class D	5Mbps～ （ 多媒体）		•D2B Optical •MOST •IEEE1394

图 10.　通信协议分类

【注】　*1　SAE: Society of Automotive Engineers
　　　　*2　Class: SAE 的分类名称

8. CAN 协议

8.1 帧的种类

通信是通过以下 5 种类型的帧进行的。

- 数据帧
- 遥控帧
- 错误帧
- 过载帧
- 帧间隔

另外，数据帧和遥控帧有标准格式和扩展格式两种格式。标准格式有 11 个位的标识符（Identifier: 以下称 ID），扩展格式有 29 个位的 ID。

各种帧的用途如表 7 所示，各种帧的构成如图 11～图 15 所示。

表 7. 帧的种类及用途

帧	帧用途
数据帧	用于发送单元向接收单元传送数据的帧。
遥控帧	用于接收单元向具有相同 ID 的发送单元请求数据的帧。
错误帧	用于当检测出错误时向其它单元通知错误的帧。
过载帧	用于接收单元通知其尚未做好接收准备的帧。
帧间隔	用于将数据帧及遥控帧与前面的帧分离开来的帧。

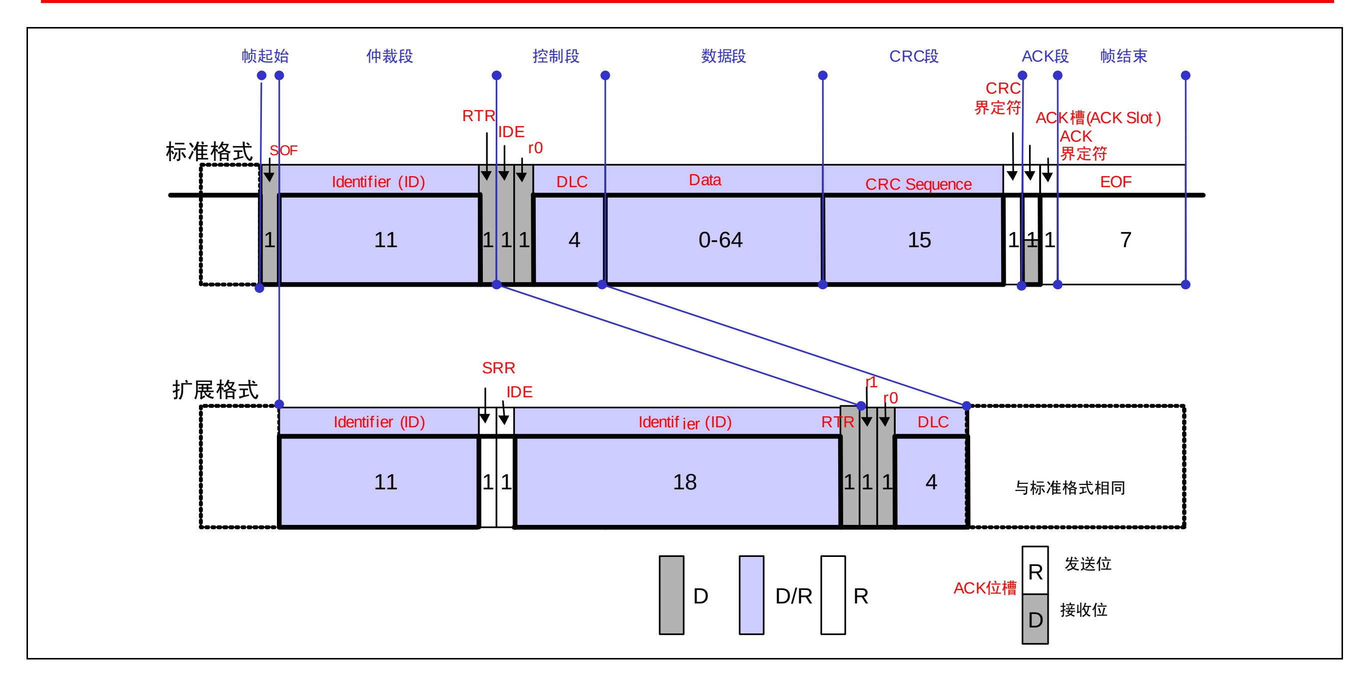


图 11. 数据帧的构成

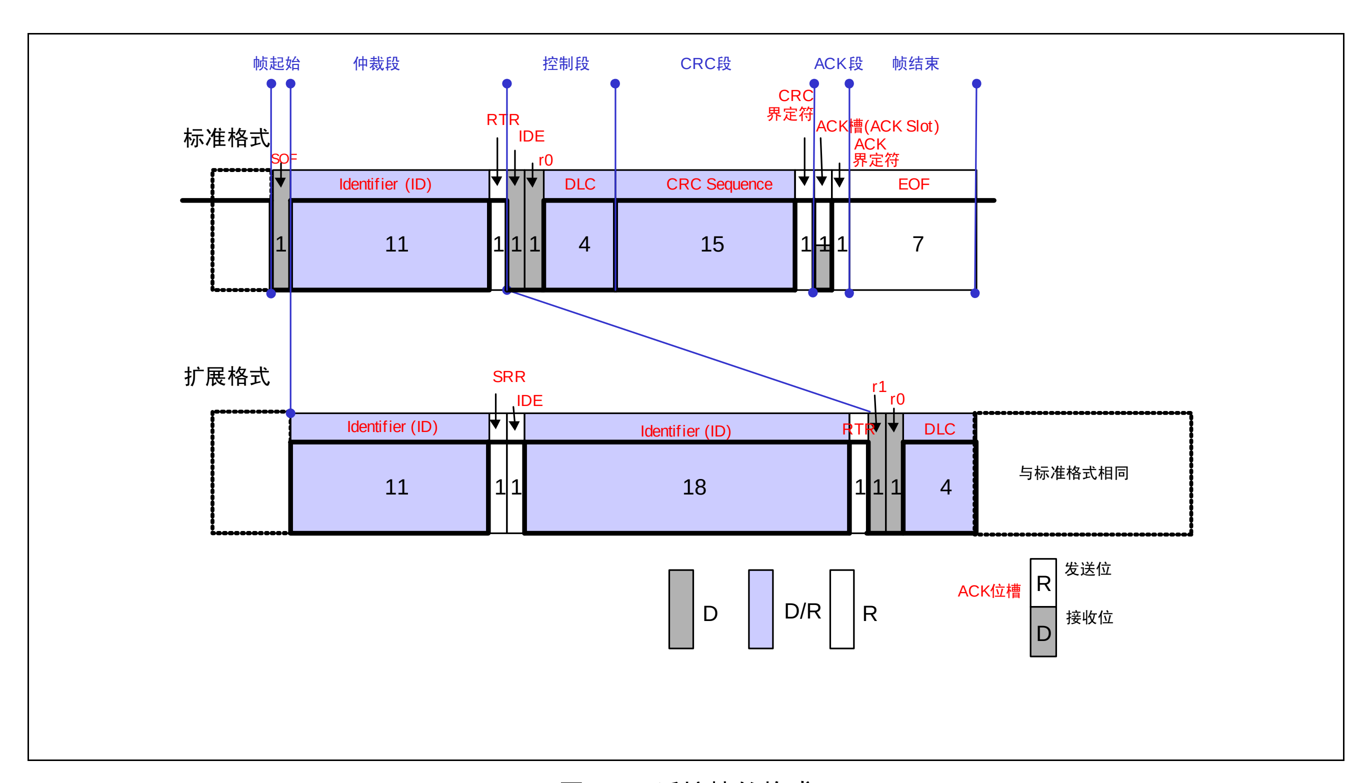


图 12. 遥控帧的构成

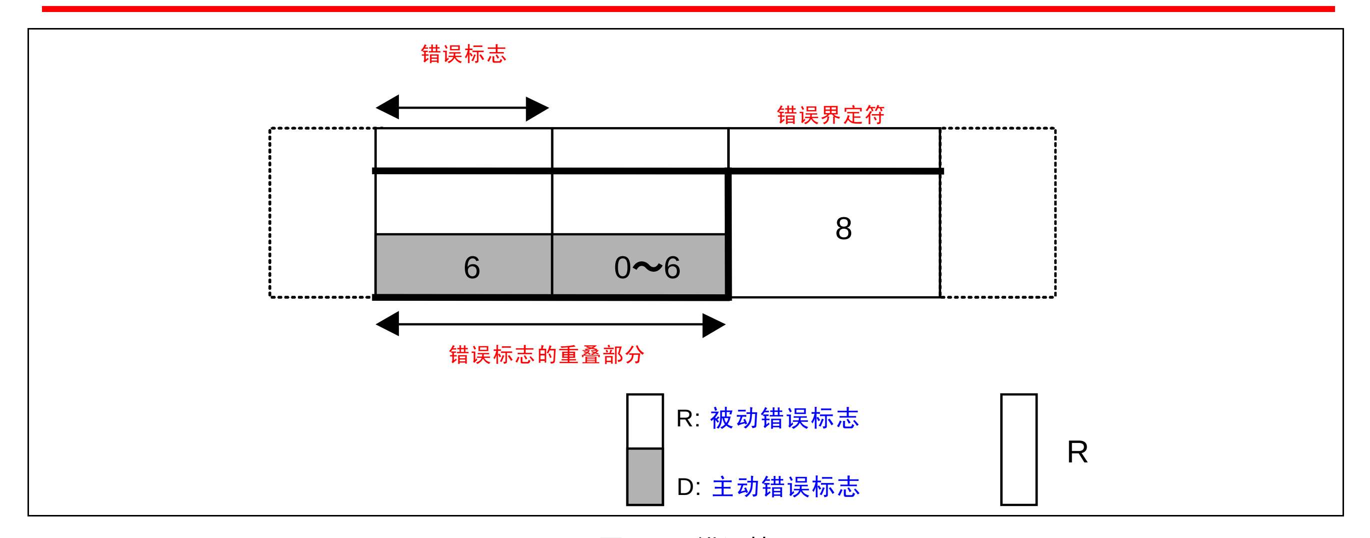


图 13. 错误帧

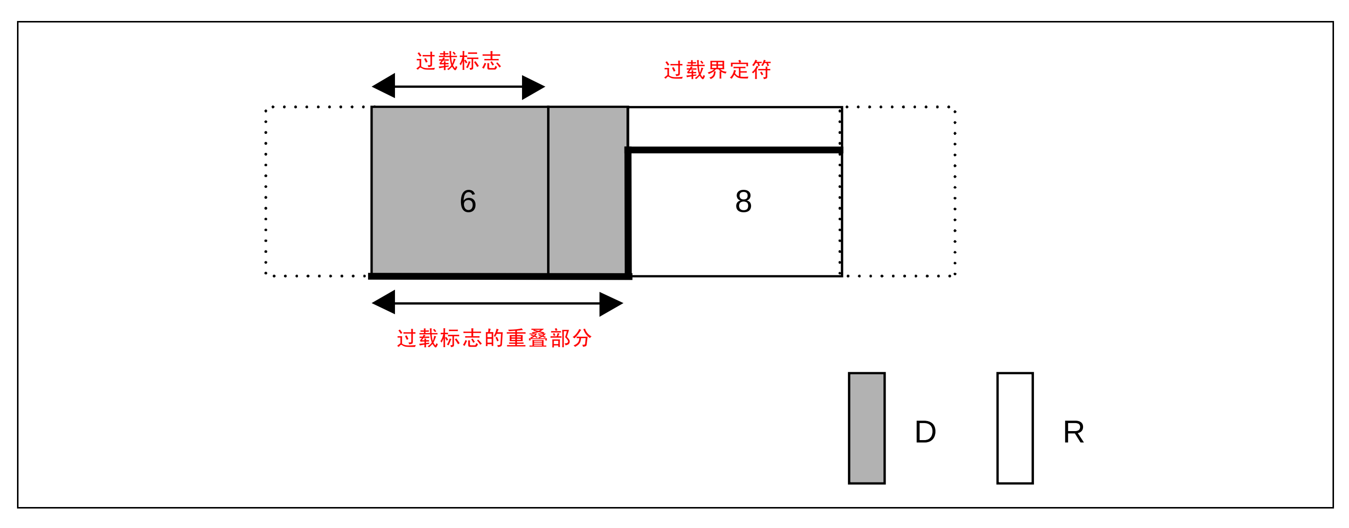


图 14. 过载帧

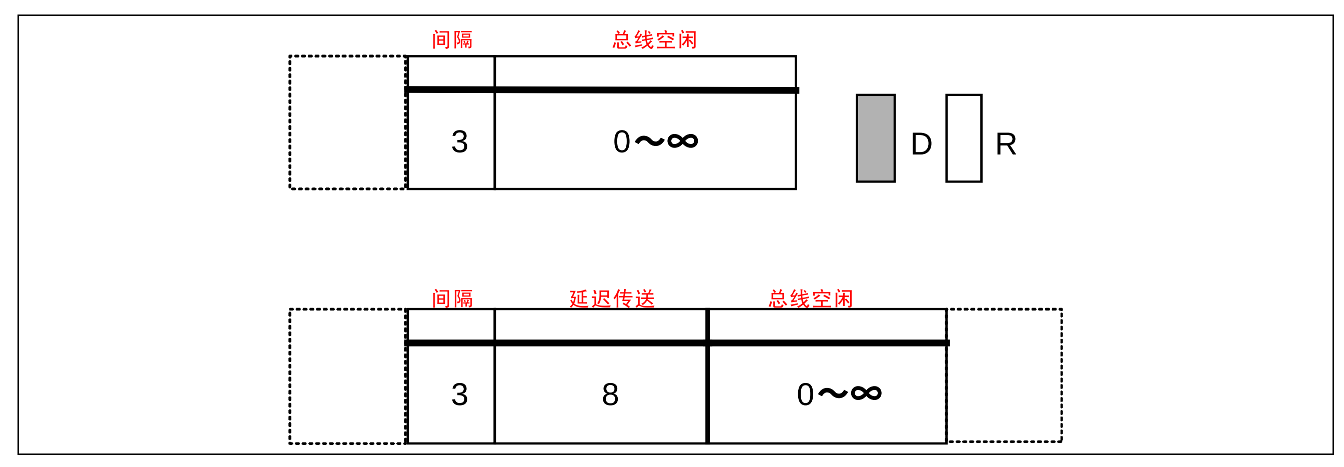


图 15. 帧间隔

8.2 数据帧

数据帧由 7 个段构成。

数据帧的构成如图 16 所示。

(1) 帧起始

表示数据帧开始的段。

(2) 仲裁段

表示该帧优先级的段。

(3) 控制段

表示数据的字节数及保留位的段。

(4) 数据段

数据的内容，可发送 0～8 个字节的数据。

(5) CRC 段

检查帧的传输错误的段。

(6) ACK 段

表示确认正常接收的段。

(7) 帧结束

表示数据帧结束的段。

下面对帧的构成进行说明。

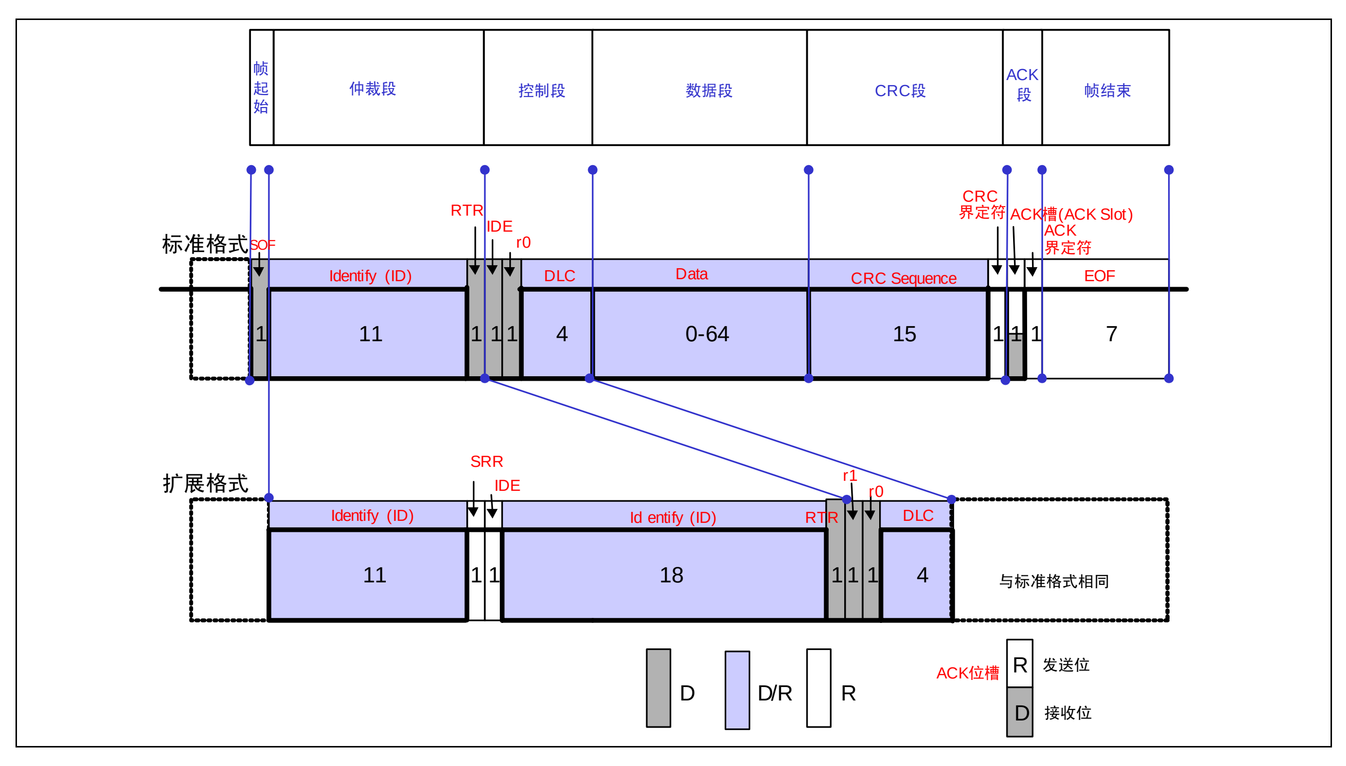


图 16. 数据帧的构成

(1) 帧起始（标准、扩展格式相同）

表示帧开始的段。1 个位的显性位。

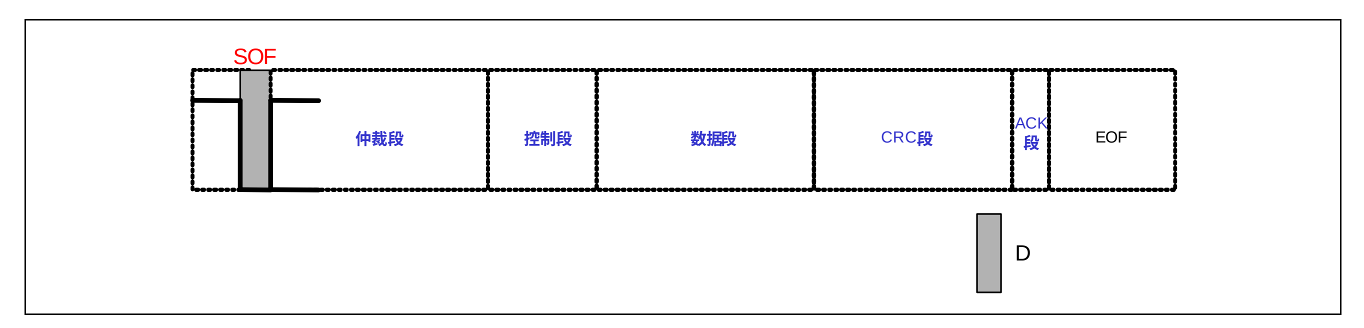


图 17. 数据帧（帧起始）

显性电平和隐性电平

总线上的电平有显性电平和隐性电平两种。

总线上执行逻辑上的线“与”时，显性电平的逻辑值为“0”，隐性电平为“1”。

“显性”具有“优先”的意味，只要有一个单元输出显性电平，总线上即为显性电平。并且，“隐性”具有“包容”的意味，只有所有的单元都输出隐性电平，总线上才为隐性电平。（显性电平比隐性电平更强。）

(2) 仲裁段

表示数据的优先级的段。

标准格式和扩展格式在此的构成有所不同。

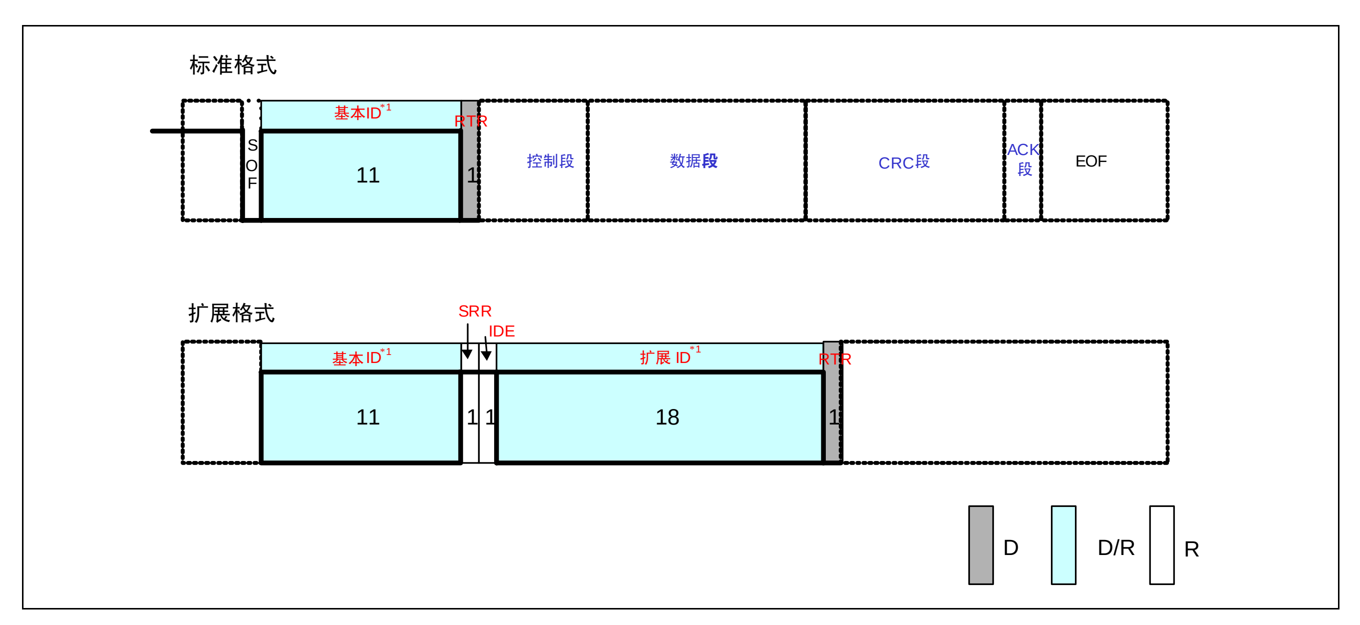


图 18. 数据帧（仲裁段）

【注】 *1 ID

标准格式的 ID 有 11 个位。从 ID28 到 ID18 被依次发送。禁止高 7 位都为隐性。
（禁止设定：ID=1111111XXXX）
扩展格式的 ID 有 29 个位。基本 ID 从 ID28 到 ID18，扩展 ID 由 ID17 到 ID0 表示。基本 ID 和标准格式的 ID 相同。禁止高 7 位都为隐性。（禁止设定：基本 ID=1111111XXXX）

(3) 控制段

控制段由 6 个位构成，表示数据段的字节数。标准格式和扩展格式的构成有所不同。

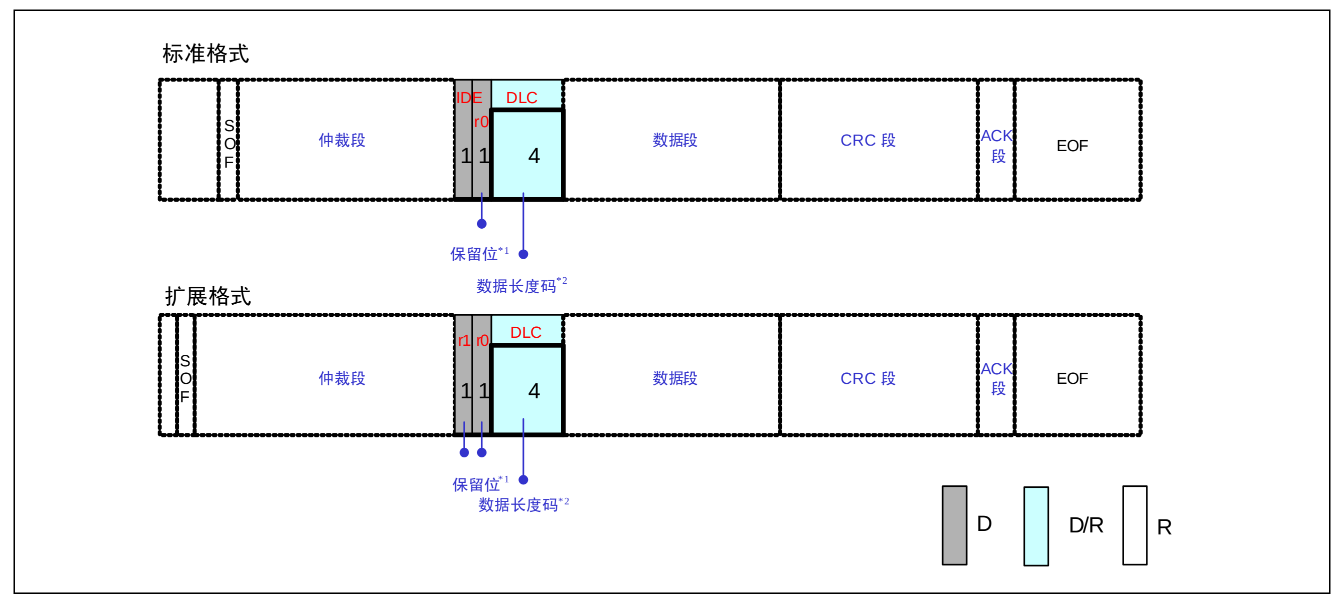


图 19. 数据帧（控制段）

【注】 *1 保留位（r0、r1）
保留位必须全部以显性电平发送。但接收方可以接收显性、隐性及其任意组合的电平。
*2 数据长度码（DLC）
数据长度码与数据的字节数的对应关系如表 8 所示。
数据的字节数必须为 0～8 字节。但接收方对 DLC = 9～15 的情况并不视为错误。

表 8. 数据长度码和字节数的关系

数据字节数	数据长度码			
	DLC3	DLC2	DLC1	DLC0
0	D	D	D	D
1	D	D	D	R
2	D	D	R	D
3	D	D	R	R
4	D	R	D	D
5	D	R	D	R
6	D	R	R	D
7	D	R	R	R
8	R	D	D	D

“D”：显性电平 “R”：隐性电平

(4) 数据段（标准、扩展格式相同）

数据段可包含 0～8 个字节的数据。从 MSB（最高位）开始输出。

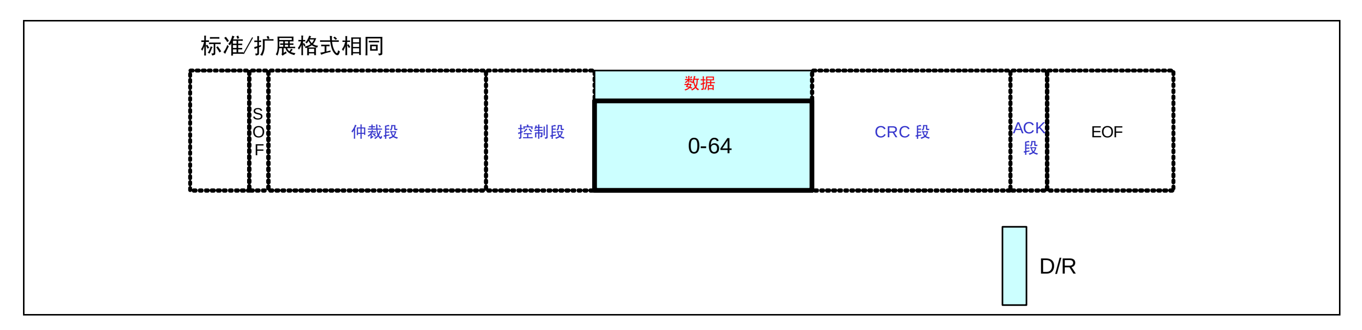


图 20. 数据帧（数据段）

(5) CRC 段（标准/扩展格式相同）

CRC 段是检查帧传输错误的帧。由 15 个位的 CRC 顺序*1 和 1 个位的 CRC 界定符（用于分隔的位）构成。

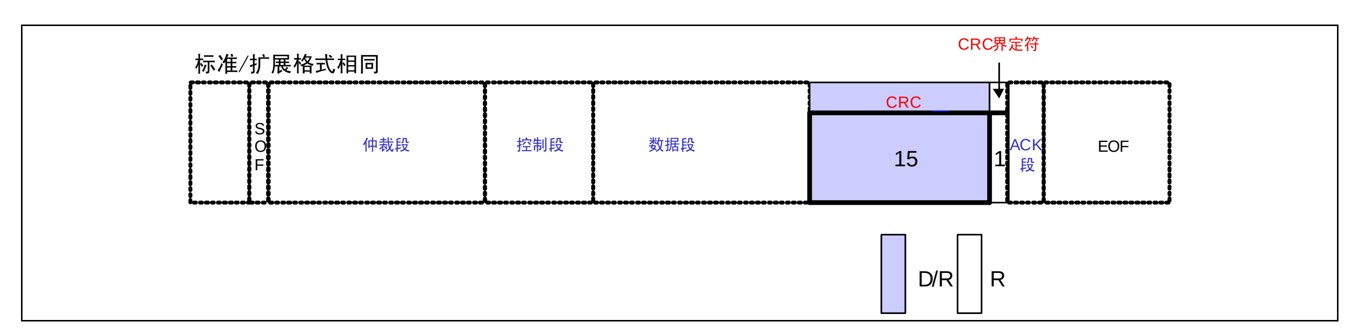


图 21. 数据帧（CRC 段）

【注】 *1 CRC 顺序
CRC 顺序是根据多项式生成的 CRC 值，CRC 的计算范围包括帧起始、仲裁段、控制段、数据段。
接收方以同样的算法计算 CRC 值并进行比较，不一致时会通报错误。

(6) ACK 段

ACK 段用来确认是否正常接收。由 ACK 槽(ACK Slot)和 ACK 界定符 2 个位构成。

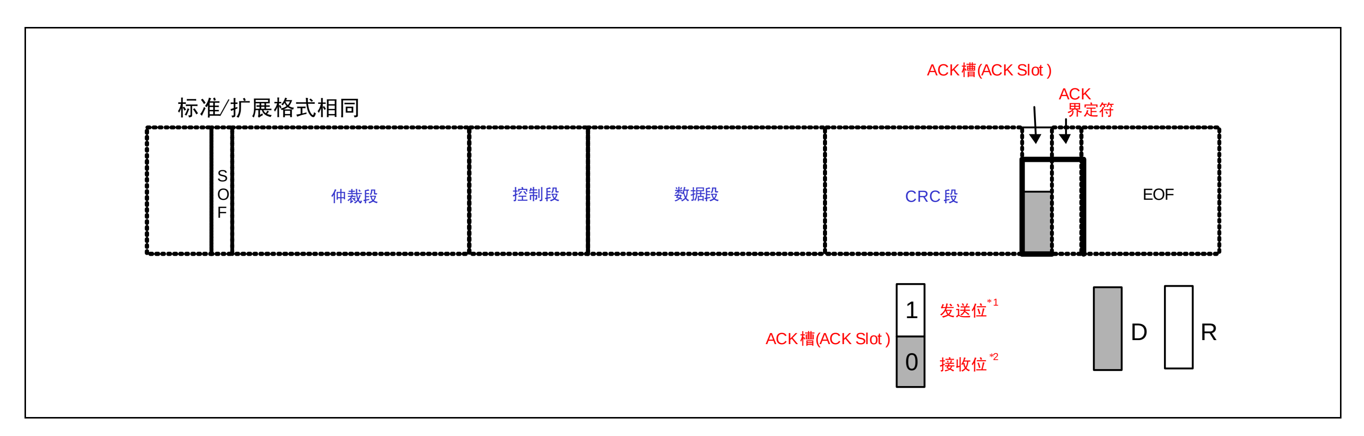


图 22. 数据帧（ACK 段）

【注】 *1 发送单元的 ACK 段
发送单元在 ACK 段发送 2 个位的隐性位。

*2 接收单元的 ACK 段
接收到正确消息的单元在 ACK 槽(ACK Slot)发送显性位，通知发送单元正常接收结束。这称作“发送 ACK”或者“返回 ACK”。

发送 ACK

发送 ACK 的是在既不处于总线关闭态也不处于休眠态的所有接收单元中，接收到正常消息的单元（发送单元不发送 ACK）。所谓正常消息是指不含填充错误、格式错误、CRC 错误的消息。

(7) 帧结束

帧结束是表示该该帧的结束的段。由 7 个位的隐性位构成。

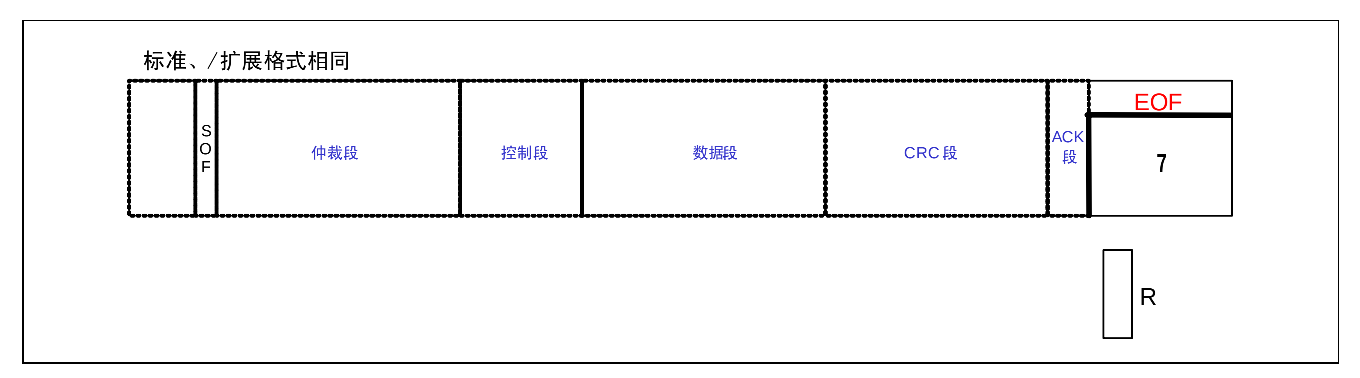


图 23. 数据帧（帧结束）

8.3 遥控帧

接收单元向发送单元请求发送数据所用的帧。遥控帧由 6 个段组成。遥控帧没有数据帧的数据段。

遥控帧的构成如图 24 所示。

(1) 帧起始（SOF）

表示帧开始的段。

(2) 仲裁段

表示该帧优先级的段。可请求具有相同 ID 的数据帧。

(3) 控制段

表示数据的字节数及保留位的段。

(4) CRC 段

检查帧的传输错误的段。

(5) ACK 段

表示确认正常接收的段。

(6) 帧结束

表示遥控帧结束的段。

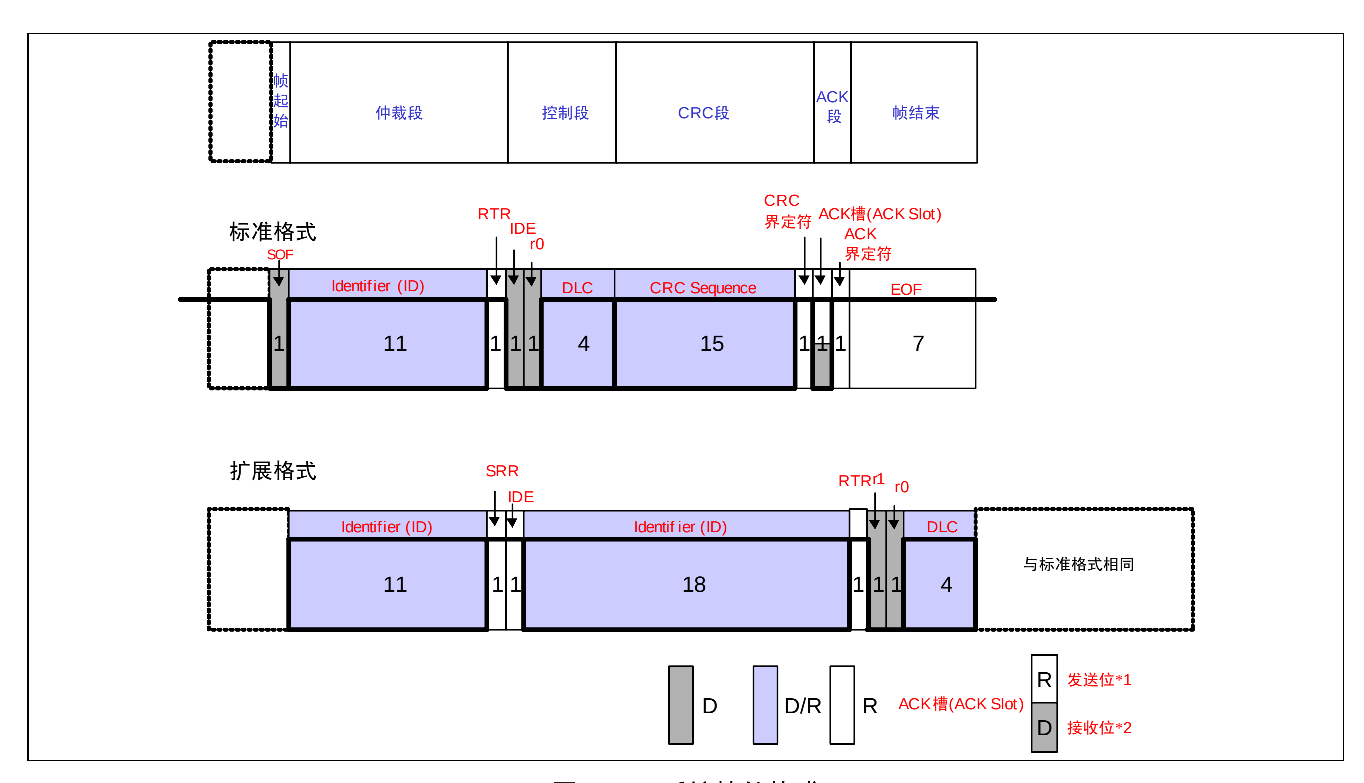


图 24. 遥控帧的构成

遥控帧和数据帧

- 数据帧和遥控帧的不同

  — 遥控帧的 RTR 位为隐性位，没有数据段。

  — 没有数据段的数据帧和遥控帧可通过 RTR 位区别开来。

- 遥控帧没有数据段，数据长度码该如何表示？

  — 遥控帧的数据长度码以所请求数据帧的数据长度码表示。

- 没有数据段的数据帧有何用途？

  — 例如，可用于各单元的定期连接确认/应答、或仲裁段本身带有实质性信息的情况下。

8.4 错误帧

用于在接收和发送消息时检测出错误通知错误的帧。错误帧由错误标志和错误界定符构成。

错误帧的构成如图 25 所示。

(1) 错误标志

错误标志包括主动错误标志和被动错误标志两种。

— 主动错误标志：6 个位的显性位。

— 被动错误标志：6 个位的隐性位。

(2) 错误界定符

错误界定符由 8 个位的隐性位构成。

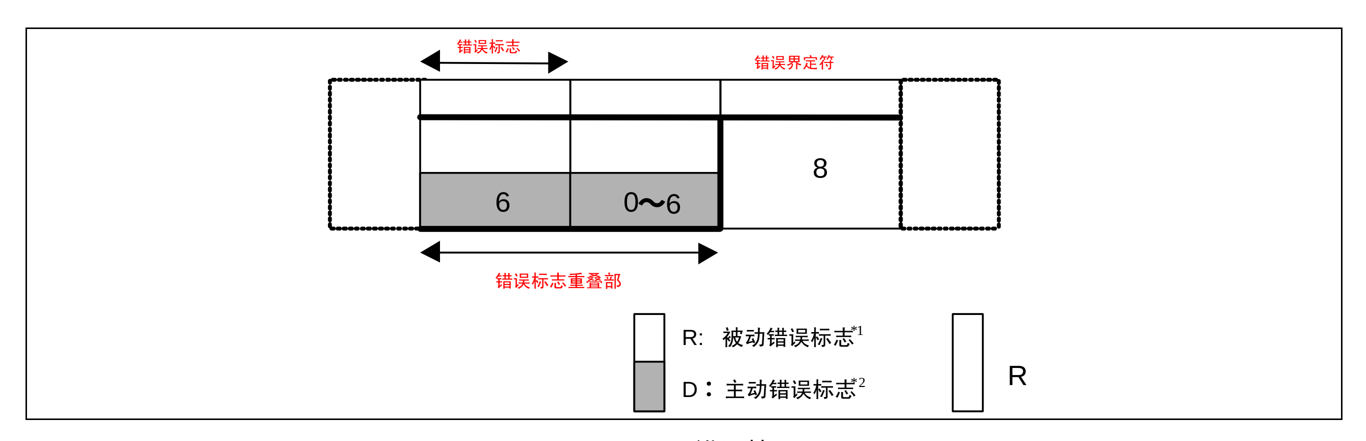


图 25. 错误帧

【注】 *1 主动错误标志
处于主动错误状态的单元检测出错误时输出的错误标志。
*2 被动错误标志
处于被动错误状态的单元检测出错误时输出的错误标志。

8.5 过载帧

过载帧是用于接收单元通知其尚未完成接收准备的帧。过载帧由过载标志和过载界定符构成。

过载帧的构成如图 26 所示。

(1) 过载标志

6 个位的显性位。

过载标志的构成与主动错误标志的构成相同。

(2) 过载界定符

8 个位的隐性位。

过载界定符的构成与错误界定符的构成相同。

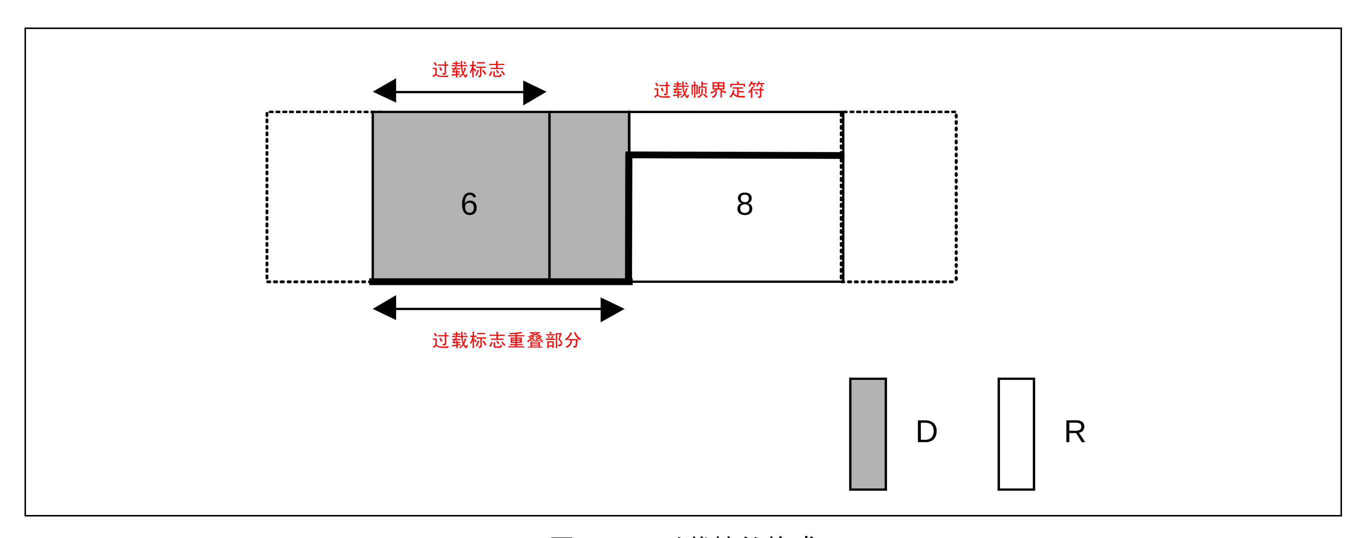


图 26. 过载帧的构成

8.6 帧间隔

帧间隔是用于分隔数据帧和遥控帧的帧。数据帧和遥控帧可通过插入帧间隔将本帧与前面的任何帧（数据帧、遥控帧、错误帧、过载帧）分开。

过载帧和错误帧前不能插入帧间隔。

帧间隔的构成如图 27 所示。

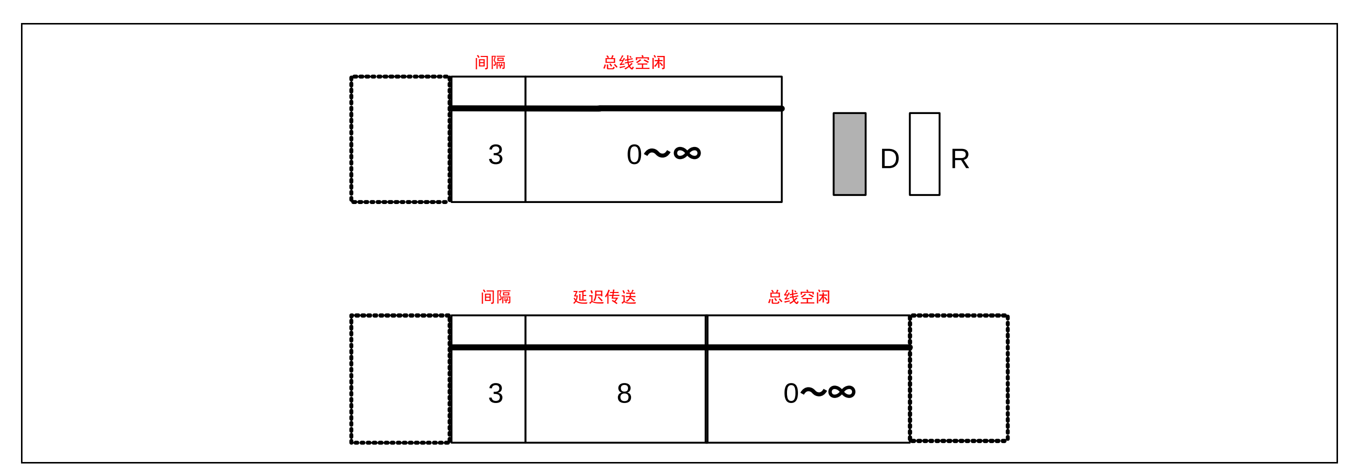


图 27. 帧间隔的构成

(1) 间隔

3 个位的隐性位。

(2) 总线空闲

隐性电平，无长度限制（0 亦可）。

本状态下，可视为总线空闲，要发送的单元可开始访问总线。

(3) 延迟传送（发送暂时停止）

8 个位的隐性位。

只在处于被动错误状态的单元刚发送一个消息后的帧间隔中包含的段。

8.7 优先级的决定

在总线空闲态，最先开始发送消息的单元获得发送权。

多个单元同时开始发送时，各发送单元从仲裁段的第一位开始进行仲裁。连续输出显性电平最多的单元可继续发送。

仲裁的过程如图 28 所示。

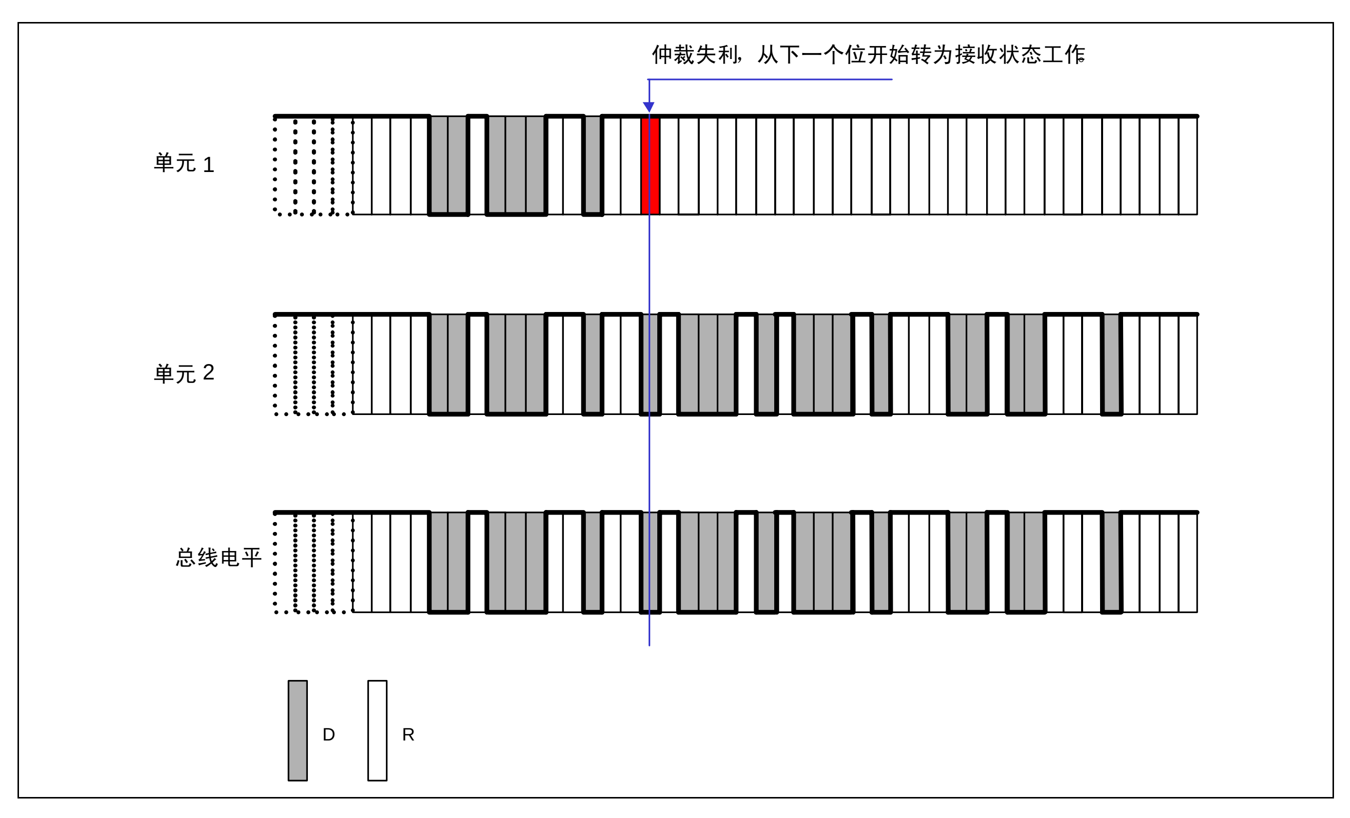


图 28. 仲裁过程

(1) 数据帧和遥控帧的优先级

具有相同 ID 的数据帧和遥控帧在总线上竞争时，仲裁段的最后一位（RTR）为显性位的数据帧具有优先权，可继续发送。

数据帧和遥控帧的仲裁过程如图 29 所示。

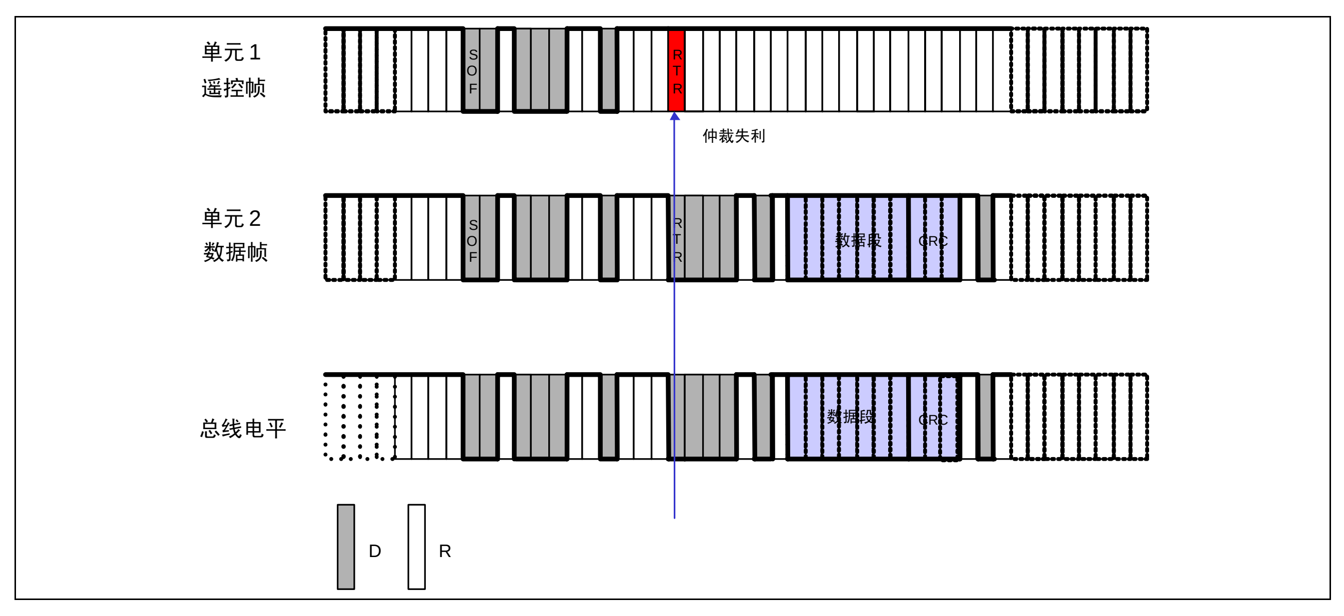


图 29. 数据帧和遥控帧的仲裁过程

(2) 标准格式和扩展格式的优先级

标准格式 ID 与具有相同 ID 的遥控帧或者扩展格式的数据帧在总线上竞争时，标准格式的 RTR 位为显性位的具有优先权，可继续发送。

标准格式和扩展格式的仲裁过程如图 30 所示。

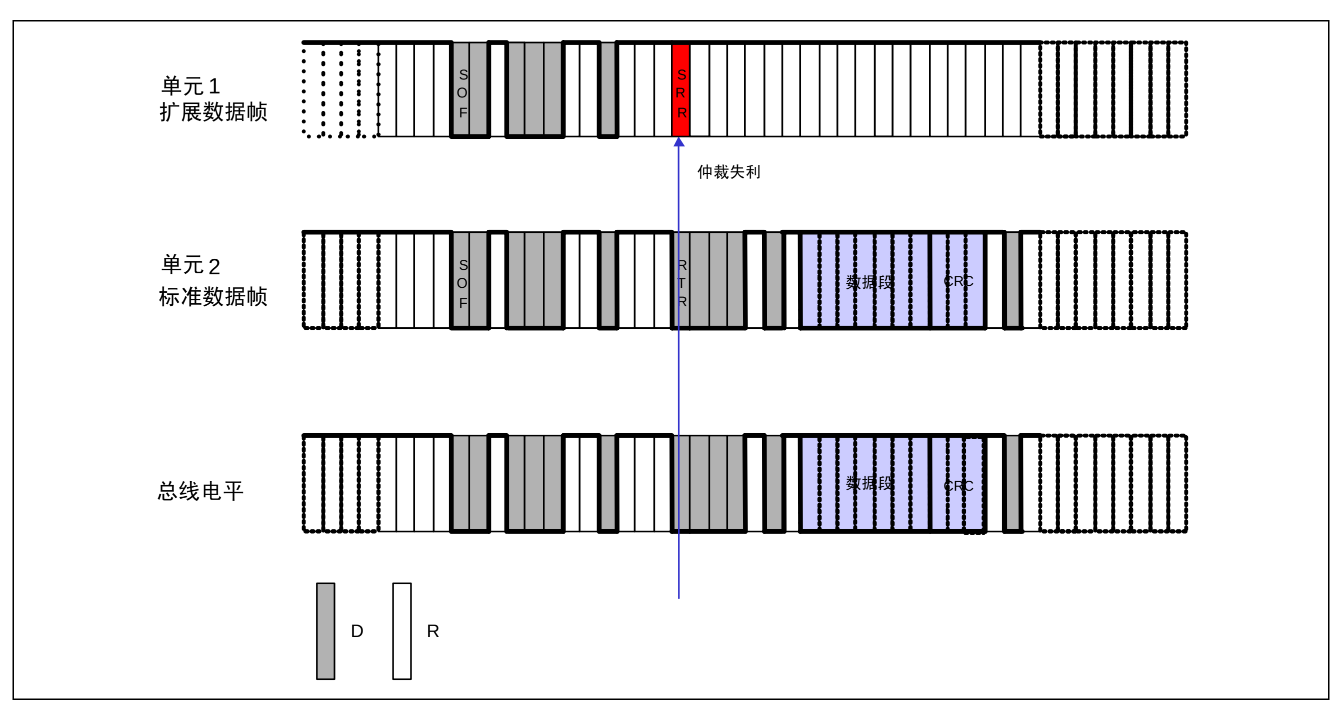


图 30. 标准格式与扩展格式的仲裁过程

8.8 位填充

位填充是为防止突发错误而设定的功能。当同样的电平持续 5 位时则添加一个位的反型数据。

位填充的构成如图 31 所示。

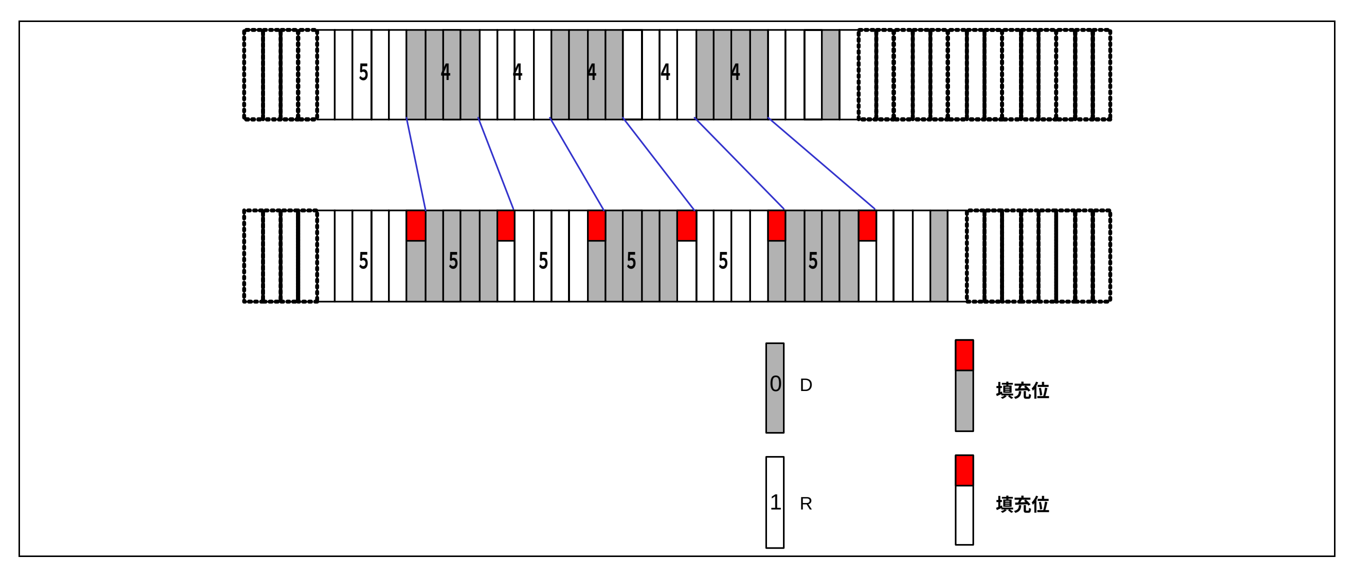


图 31. 位填充

(1) 发送单元的工作

在发送数据帧和遥控帧时，SOF～CRC 段间的数据，相同电平如果持续 5 位，在下一个位（第 6 个位）则要插入 1 位与前 5 位反型的电平。

(2) 接收单元的工作

在接收数据帧和遥控帧时，SOF～CRC 段间的数据，相同电平如果持续 5 位，需要删除下一个位（第 6 个位）再接收。如果这个第 6 个位的电平与前 5 位相同，将被视为错误并发送错误帧。

8.9 错误的种类

错误共有 5 种。多种错误可能同时发生。

- 位错误
- 填充错误
- CRC 错误
- 格式错误
- ACK 错误

错误的种类、错误的内容、错误检测帧和检测单元如表 9 所示。

表 9. 错误的种类

错误的种类	错误的内容	错误的检测帧（段）	检测单元
位错误	比较输出电平和总线电平（不含填充位），当两电平不一样时所检测到的错误。	• 数据帧（SOF~EOF） • 遥控帧（SOF~EOF） • 错误帧 • 过载帧	发送单元 接收单元
填充错误	在需要位填充的段内，连续检测到 6 位相同的电平时所检测到的错误。	• 数据帧（SOF~CRC 顺序） • 遥控帧（SOF~CRC 顺序）	发送单元 接收单元
CRC 错误	从接收到的数据计算出的 CRC 结果与接收到的 CRC 顺序不同时所检测到的错误。	• 数据帧（CRC 顺序） • 遥控帧（CRC 顺序）	接收单元
格式错误	检测出与固定格式的位段相反的格式时所检测到的错误。	• 数据帧 （CRC 界定符、ACK 界定符、EOF） • 遥控帧 （CRC 界定符、ACK 界定符、EOF） • 错误界定符 • 过载界定符	接收单元
ACK 错误	发送单元在 ACK 槽(ACK Slot)中检测出隐性电平时所检测到的错误（ACK 没被传送过来时所检测到的错误）。	• 数据帧（ACK 槽） • 遥控帧（ACK 槽）	发送单元

(1) 位错误

— 位错误由向总线上输出数据帧、遥控帧、错误帧、过载帧的单元和输出 ACK 的单元、输出错误的单元来检测。

— 在仲裁段输出隐性电平，但检测出显性电平时，将被视为仲裁失利，而不是位错误。

— 在仲裁段作为填充位输出隐性电平时，但检测出显性电平时，将不视为位错误，而是填充错误。

— 发送单元在 ACK 段输出隐性电平，但检测到显性电平时，将被判断为其它单元的 ACK 应答，而非位错误。

— 输出被动错误标志（6 个位隐性位）但检测出显性电平时，将遵从错误标志的结束条件，等待检测出连续相同 6 个位的值（显性或隐性），并不视为位错误。

(2) 格式错误

— 即使接收单元检测出 EOF（7 个位的隐性位）的最后一位（第 8 个位）为显性电平，也不视为格式错误。

— 即使接收单元检测出数据长度码（DLC）中 9~15 的值时，也不视为格式错误。

8.10 错误帧的输出

检测出满足错误条件的单元输出错误标志通报错误。

处于主动错误状态的单元输出的错误标志为主动错误标志；处于被动错误状态的单元输出的错误标志为被动错误标志。

发送单元发送完错误帧后，将再次发送数据帧或遥控帧。

错误标志输出时序如表 10 所示。

表 10. 错误标志输出时序

错误的种类	输出时序
位错误 填充错误 格式错误 ACK 错误	从检测出错误后的下一位开始输出错误标志。
CRC 错误	ACK 界定符后的下一位开始输出错误标志。

8.11 位时序

由发送单元在非同步的情况下发送的每秒钟的位数称为位速率。一个位可分为 4 段。

- 同步段（SS）
- 传播时间段（PTS）
- 相位缓冲段 1（PBS1）
- 相位缓冲段 2（PBS2）

这些段又由可称为 Time Quantum（以下称为 Tq）的最小时间单位构成。

1 位分为 4 个段，每个段又由若干个 Tq 构成，这称为位时序。

1 位由多少个 Tq 构成、每个段又由多少个 Tq 构成等，可以任意设定位时序。通过设定位时序，多个单元可同时采样，也可任意设定采样点。

各段的作用和 Tq 数如表 11 所示。1 个位的构成如图 32 所示。

表 11.　段及其作用

<table>
<tr><th>段名称</th><th>段的作用</th><th colspan="2">Tq 数</th></tr>
<tr><td>同步段
（SS: Synchronization Segment）</td><td>多个连接在总线上的单元通过此段实现时序调整，同步进行接收和发送的工作。由隐性电平到显性电平的边沿或由显性电平到隐性电平边沿最好出现在此段中。</td><td>1Tq</td><td rowspan="4">8～
25Tq</td></tr>
<tr><td>传播时间段
（PTS: Propagation Time Segment）</td><td>用于吸收网络上的物理延迟的段。
所谓的网络的物理延迟指发送单元的输出延迟、总线上信号的传播延迟、接收单元的输入延迟。
这个段的时间为以上各延迟时间的和的两倍。</td><td>1～8Tq</td></tr>
<tr><td>相位缓冲段 1
(PBS1: Phase Buffer Segment 1)</td><td rowspan="2">当信号边沿不能被包含于 SS 段中时，可在此段进行补偿。
由于各单元以各自独立的时钟工作，细微的时钟误差会累积起来，PBS 段可用于吸收此误差。
通过对相位缓冲段加减 SJW 吸收误差。（请参照图 34）。SJW 加大后允许误差加大，但通信速度下降。</td><td>1～8Tq</td></tr>
<tr><td>相位缓冲段 2
(PBS2: Phase Buffer Segment 2)</td><td>2～8Tq</td></tr>
<tr><td>再同步补偿宽度
(SJW: reSynchronization Jump Width)</td><td>因时钟频率偏差、传送延迟等，各单元有同步误差。SJW 为补偿此误差的最大值。</td><td colspan="2">1～4Tq</td></tr>
</table>

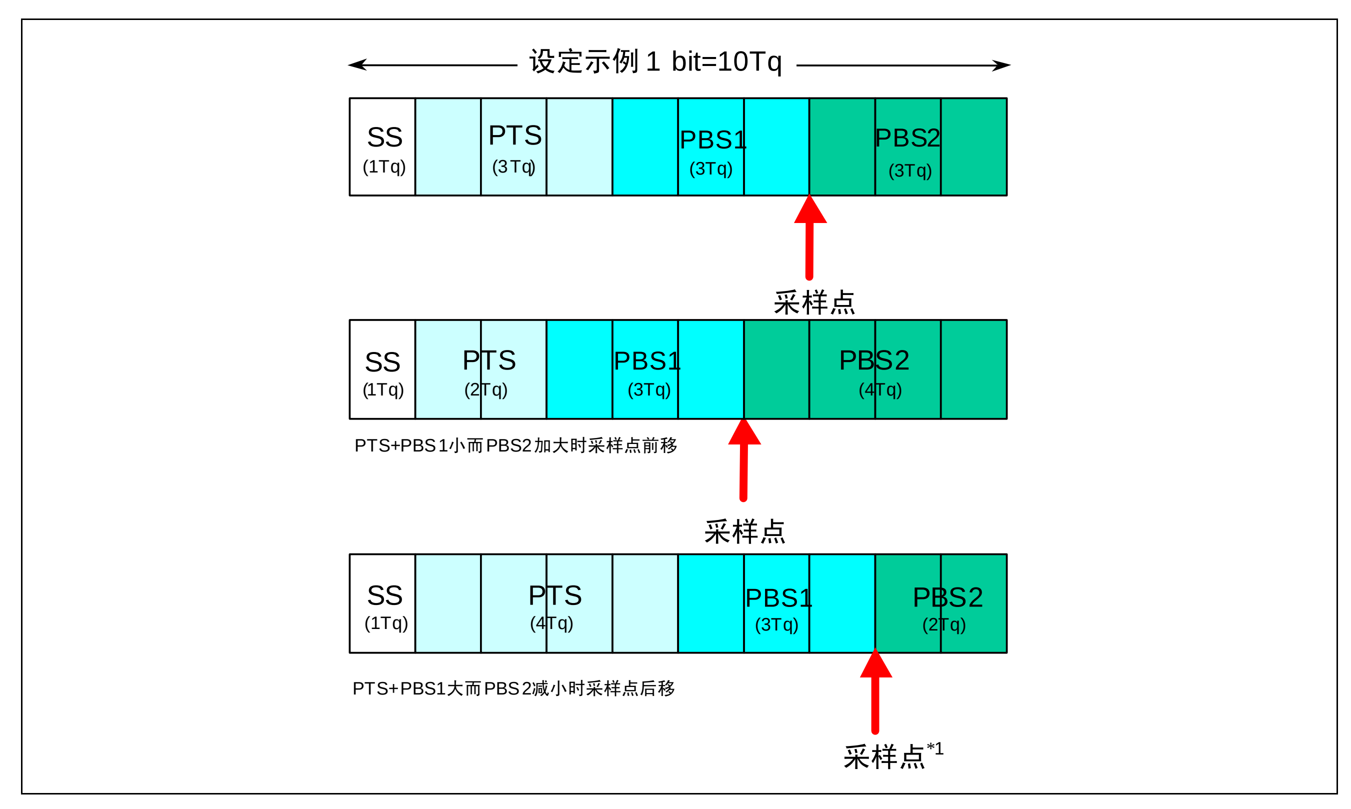


图 32. 1 个位的构成

【注】 *1 采样点
所谓采样点是读取总线电平，并将读到的电平作为位值的点。位置在 PBS1 结束处。

8.12 取得同步的方法

CAN 协议的通信方法为 NRZ（Non-Return to Zero）方式。各个位的开头或者结尾都没有附加同步信号。发送单元以与位时序同步的方式开始发送数据。另外，接收单元根据总线上电平的变化进行同步并进行接收工作。

但是，发送单元和接收单元存在的时钟频率误差及传输路径上的（电缆、驱动器等）相位延迟会引起同步偏差。因此接收单元通过硬件同步或者再同步的方法调整时序进行接收。

8.13 硬件同步

接收单元在总线空闲状态检测出帧起始时进行的同步调整。

在检测出边沿的地方不考虑 SJW 的值而认为是 SS 段。

硬件同步的过程如图 33 所示。

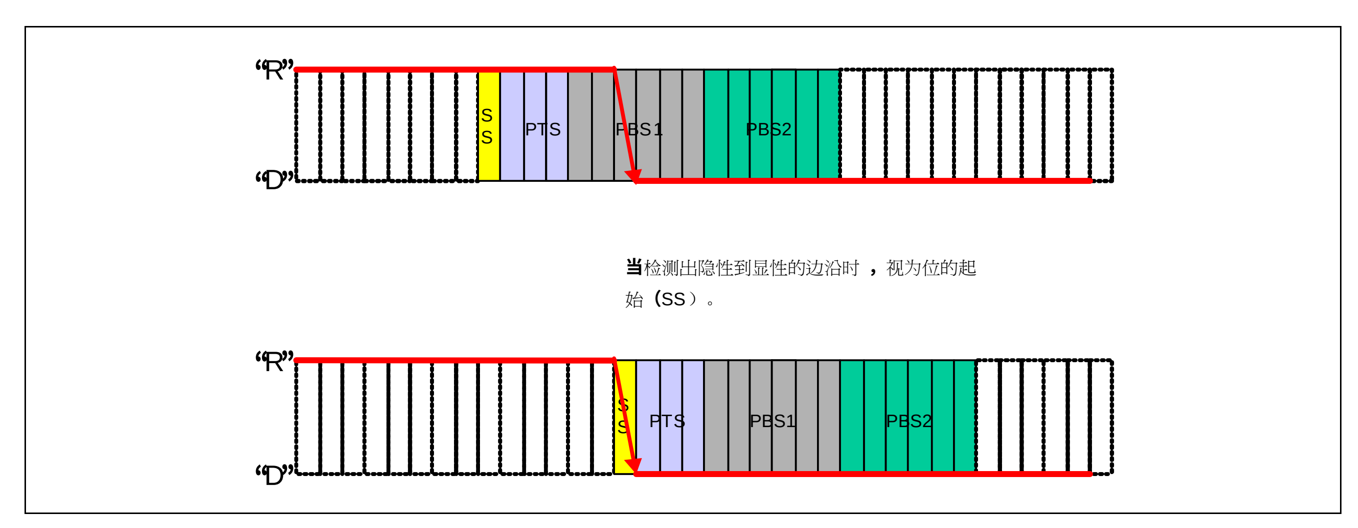


图 33. 硬件同步

8.14　再同步

在接收过程中检测出总线上的电平变化时进行的同步调整。

每当检测出边沿时，根据 SJW 值通过加长 PBS1 段，或缩短 PBS2 段，以调整同步。但如果发生了超出 SJW 值的误差时，最大调整量不能超过 SJW 值。

再同步如图 34 所示。

图 34.　再同步

8.15 调整同步的规则

硬件同步和再同步遵从如下规则。

(1) 1 个位中只进行一次同步调整。

(2) 只有当上次采样点的总线值和边沿后的总线值不同时，该边沿才能用于调整同步。

(3) 在总线空闲且存在隐性电平到显性电平的边沿时，则一定要进行硬件同步。

(4) 在总线非空闲时检测到的隐性电平到显性电平的边沿如果满足条件（1）和（2），将进行再同步。但还要满足下面条件。

(5) 发送单元观测到自身输出的显性电平有延迟时不进行再同步。

(6) 发送单元在帧起始到仲裁段有多个单元同时发送的情况下，对延迟边沿不进行再同步。

公司主页和咨询窗口

有关本应用说明的技术方面的咨询请发邮件到下面的邮箱。

瑞萨科技公司主页　　http://www.cn.renesas.com

亚洲地区技术支持中心　　E-Mail：support.asia@renesas.com

修订记录	CAN 入门书

Rev.	发行日	修订内容	
		页码	要点
1.00	2006.02.20	—	初版发行

Keep safety first in your circuit designs!

1. Renesas Technology Corp. puts the maximum effort into making semiconductor products better and more reliable, but there is always the possibility that trouble may occur with them. Trouble with semiconductors may lead to personal injury, fire or property damage.
   Remember to give due consideration to safety when making your circuit designs, with appropriate measures such as (i) placement of substitutive, auxiliary circuits, (ii) use of nonflammable material or (iii) prevention against any malfunction or mishap.

Notes regarding these materials

1. These materials are intended as a reference to assist our customers in the selection of the Renesas Technology Corp. product best suited to the customer's application; they do not convey any license under any intellectual property rights, or any other rights, belonging to Renesas Technology Corp. or a third party.
2. Renesas Technology Corp. assumes no responsibility for any damage, or infringement of any third-party's rights, originating in the use of any product data, diagrams, charts, programs, algorithms, or circuit application examples contained in these materials.
3. All information contained in these materials, including product data, diagrams, charts, programs and algorithms represents information on products at the time of publication of these materials, and are subject to change by Renesas Technology Corp. without notice due to product improvements or other reasons. It is therefore recommended that customers contact Renesas Technology Corp. or an authorized Renesas Technology Corp. product distributor for the latest product information before purchasing a product listed herein.
   The information described here may contain technical inaccuracies or typographical errors. Renesas Technology Corp. assumes no responsibility for any damage, liability, or other loss rising from these inaccuracies or errors.
   Please also pay attention to information published by Renesas Technology Corp. by various means, including the Renesas Technology Corp. Semiconductor home page (http://www.renesas.com).
4. When using any or all of the information contained in these materials, including product data, diagrams, charts, programs, and algorithms, please be sure to evaluate all information as a total system before making a final decision on the applicability of the information and products. Renesas Technology Corp. assumes no responsibility for any damage, liability or other loss resulting from the information contained herein.
5. Renesas Technology Corp. semiconductors are not designed or manufactured for use in a device or system that is used under circumstances in which human life is potentially at stake. Please contact Renesas Technology Corp. or an authorized Renesas Technology Corp. product distributor when considering the use of a product contained herein for any specific purposes, such as apparatus or systems for transportation, vehicular, medical, aerospace, nuclear, or undersea repeater use.
6. The prior written approval of Renesas Technology Corp. is necessary to reprint or reproduce in whole or in part these materials.
7. If these products or technologies are subject to the Japanese export control restrictions, they must be exported under a license from the Japanese government and cannot be imported into a country other than the approved destination.
   Any diversion or reexport contrary to the export control laws and regulations of Japan and/or the country of destination is prohibited.
8. Please contact Renesas Technology Corp. for further details on these materials or the products contained therein.

注意

本文只是参考译文，前页所载英文具有正式效力。

请遵循安全第一进行电路设计

1. 虽然瑞萨科技尽力提高半导体产品的质量和可靠性，但是半导体产品也可能发生故障。半导体的故障可能导致人身伤害、火灾事故以及财产损害。在电路设计时，请充分考虑安全性，采用合适的如冗余设计、利用非易燃材料以及故障或者事故防止等的安全设计方法。

关于利用本资料时的注意事项

1. 本资料是为了让用户根据用途选择合适的瑞萨科技产品的参考资料，不转让属于瑞萨科技或者第三者所有的知识产权和其它权利的许可。
2. 对于因使用本资料所记载的产品数据、图、表、程序、算法以及其它应用电路的例子而引起的损害或者对第三者的权力的侵犯，瑞萨科技不承担责任。
3. 本资料所记载的产品数据、图、表、程序、算法以及其它所有信息均为本资料发行时的信息，由于改进产品或者其它原因，本资料记载的信息可能变动，恕不另行通知。在购买本资料所记载的产品时，请预先向瑞萨科技或者经授权的瑞萨科技产品经销商确认最新信息。

本资料所记载的信息可能存在技术不准确或者印刷错误。因这些错误而引起的损害、责任问题或者其它损失，瑞萨科技不承担责任。

同时也请通过各种方式注意瑞萨科技公布的信息，包括瑞萨科技半导体网站。

（http：//www.renesas.com）

4. 在使用本资料所记载部分或者全部数据、图、表、程序以及算法等信息时，在最终做出有关信息和产品是否适用的判断前，务必对作为整个系统的所有信息进行评价。由于本资料所记载的信息而引起的损害、责任问题或者其它损失，瑞萨科技不承担责任。
5. 瑞萨科技的半导体产品不是为在可能和人命相关的环境下使用的设备或者系统而设计和制造的产品。在研讨将本资料所记载的产品用于运输、交通车辆、医疗、航空宇宙用、原子能控制、海底中继器的设备或者系统等特殊用途时，请与瑞萨科技或者经授权的瑞萨产品经销商联系。
6. 未经瑞萨科技的书面许可，不得翻印或者复制全部或者部分资料的内容。
7. 如果本资料所记载的某产品或者技术内容受日本出口管理限制，必须在得到日本政府的有关部门许可后才能出口，并且不准进口到批准目的地国家以外的国家。

   禁止违反日本和（或者）目的地国家的出口管理法和法规的任何转卖、挪用或者再出口。
8. 如果需要了解本资料所记载的信息或者产品的详细，请与瑞萨科技联系。